



TUGAS AKHIR - RE 141581

**STUDI PENURUNAN SENYAWA ORGANIK DAN
DETERJEN DALAM LIMBAH DOMESTIK
BOEZEM KALIDAMI KOTA SURABAYA DENGAN
OKSIDATOR H_2O_2 DAN KMnO_4**

WANINDA AJI WULANDARI
3313 100 119

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE, M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**STUDI PENURUNAN SENYAWA ORGANIK DAN
DETERJEN DALAM LIMBAH DOMESTIK
BOEZEM KALIDAMI KOTA SURABAYA DENGAN
OKSIDATOR H_2O_2 DAN KMnO_4**

WANINDA AJI WULANDARI
3313100119

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RE 141581

**STUDI OF REMOVAL ORGANIC COMPOUNDS
AND DETERGENTS IN GREY WATER KALIDAMI
SURABAYA WITH OXIDIZING AGENTS H_2O_2
AND KMnO_4**

WANINDA AJI WULANDARI
3313100119

Supervisor

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl., SE., M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENURUNAN SENYAWA ORGANIK DAN ETERJEN DALAM LIMBAH DOMESTIK BOEZEM KALIDAMI KOTA SURABAYA DENGAN OKSIDATOR H_2O_2 DAN $KMnO_4$

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

WANINDA AJI WULANDARI

NRP 3313 100 119

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

NIP : 19600308 198903 1 001



STUDI PENURUNAN SENYAWA ORGANIK DAN DETERJEN DALAM LIMBAH DOMESTIK BOEZEM KALIDAMI KOTA SURABAYA DENGAN OKSIDATOR H_2O_2 DAN $KMnO_4$

Nama : Waninda Aji Wulandari
NRP : 3313100119
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl.SE.,
M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Deterjen memiliki kemampuan untuk menghilangkan berbagai kotoran yang menempel pada kain, alat-alat rumah tangga, dan peralatan lainnya. Oleh karena itu, deterjen masuk ke badan air sebagai buangan rumah tangga atau sering disebut dengan limbah domestik. Penggunaan deterjen bersifat kontinyu (terus menerus) dan menyebabkan ketergantungan. Deterjen yang dijual bebas di pasaran biasanya mengandung 20 – 40 % surfaktan, sedangkan sisanya adalah bahan kimia yang biasanya disebut *additives* atau *deterjen builders* yang berfungsi untuk meningkatkan daya bersih deterjen. Air yang penuh dengan limbah deterjen mengalir menuju hilir dan berkumpul pada ujung rumah pompa. Kemudian saat rumah pompa beroperasi, turbulensi dari pompa yang ada menyebabkan terbentuknya buih yang melimpah yang dapat menutupi badan air.

Penelitian ini menggunakan hidrogen peroksida (H_2O_2) dan Kalium Permanganat ($KMnO_4$) sebagai oksidator penurun senyawa organik dan deterjen. Penelitian ini dilakukan pada salah satu rumah pompa yang ada di kota Surabaya yaitu Rumah Pompa Boezem Kalidami. Pengambilan sampel dilakukan pada inlet rumah pompa Boezem Kalidami. Dalam penelitian dilakukan dua variasi berbeda yaitu dosis dari oksidator yaitu $KMnO_4$ dan H_2O_2 dan pH pada sampel yang diuji. Jenis hidrogen peroksida yang digunakan adalah hidrogen peroksida teknis dengan kadar 50%, masing-masing sebanyak 0,1 mL, 0,2 mL dan 0,3 mL sedangkan variasi penambahan $KMnO_4$ sebanyak 0,6 mL, 0,65

mL dan 0,70 mL. Kecepatan Jar test dan waktu pengadukan yang digunakan merupakan hasil dari penelitian pendahuluan hingga didapatkan waktu serta kecepatan yang paling optimum dari air sampel yang digunakan.

Nilai penyisihan COD dan surfaktan dengan menggunakan oksidator H_2O_2 optimum pada saat dosis penambahan 0,1 mL dengan pH netral hingga didapatkan nilai penyisihan COD sebesar 53% dan penyisihan LAS dan ABS masing-masing sebesar 39% dan 33%. Nilai penyisihan COD dengan menggunakan oksidator KMnO_4 optimum pada saat penambahan 0,65 mL dengan pH netral sehingga didapatkan nilai COD sebesar 58% dan penyisihan nilai surfaktan berada pada penambahan dosis 0,6 mL pada pH netral dengan nilai penyisihan LAS dan ABS masing-masing sebesar 53% dan 45%. Orde reaksi H_2O_2 terhadap laju reaksi penyisihan COD adalah orde dua dengan nilai k sebesar 0,0277 mol/s. Sehingga didapatkan $r = - 0,0277 [\text{A}]^2$. Sedangkan Orde reaksi H_2O_2 terhadap laju reaksi penyisihan LAS adalah orde dua dengan nilai k sebesar 0,2315 mol/s. Sehingga didapatkan $r = - 0,2315 [\text{A}]^2$. Untuk orde reaksi KMnO_4 terhadap laju reaksi penyisihan COD mengikuti orde reaksi satu dengan nilai k sebesar 0,0172 mol/s. Sehingga didapatkan $r = - 0,0172 [\text{A}]$. Sedangkan Orde reaksi KMnO_4 terhadap laju reaksi penyisihan LAS adalah orde dua dengan nilai k sebesar 0,1982 mol/s. Sehingga didapatkan $r = - 0,1982 [\text{A}]^2$.

Kata kunci : LAS, ABS, KMnO_4 , H_2O_2 , COD

**STUDI OF DECLINE ORGANIC COMPOUNDS AND
DETERGENTS IN GREY WATER SURABAYA WITH
OXIDIZING AGENTS H_2O_2 AND KMnO_4**

Name of Student : Waninda Aji Wulandari
NRP : 3313100119
Study Programme : Environmental Engineering
Supervisor : Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl.SE.,
M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Detergents have the ability to remove a variety of dirt attached to the fabric, household appliances, and other equipment. Therefore, detergents enter the water body as household waste or often referred to as domestic waste. The use of detergent is continuous and causes dependence. The detergent that is sold freely on the market usually contains 20-40% surfactant, while the rest are chemicals that are usually called additives or detergent builders that function to improve the detergent clean power. Water is full of detergent waste flowing downstream and gathered at the end of the pump house. Then when the pump house operates, the turbulence of the existing pump causes the formation of an abundant foam that can cover the body of water.

This study will use hydrogen peroxide (H_2O_2) and potassium permanganate (KMnO_4) as an oxidizing agent of organic compounds and detergents. This research was conducted at one of the pump house in Surabaya city that is Kalidami Boezem Pump House. Sampling was done at Boezem Kalidami pump house inlet. In the experiment, two different variations were doses of oxidizing KMnO_4 and H_2O_2 and pH in the tested sample. The hydrogen peroxide type used is 50% hydrogen peroxide, each of which is 0.1 mL, 0.2 mL and 0.3 mL

whereas KMnO_4 addition variations are 0.6 mL, 0.65 mL and 0.70 ML. Jar test speed and stirring time used is the result of preliminary research to obtain the time and the most optimum speed of the sample water used.

The value of COD removal and surfactant using H_2O_2 oxidizer was optimum at the dose of 0.1 mL addition with neutral pH to obtain a COD removal value of 53% and LAS and ABS allowance of 39% and 33% respectively. The value of COD removal by using KMnO_4 oxidator was optimum at the time of addition of 0.65 mL with neutral pH to obtain 58% COD value and surfactant value removal was in addition of 0.6 mL dose at neutral pH with LAS and ABS allowance value respectively 53% and 45%. The order of reaction of H_2O_2 to COD removal rate is second order with k value of 0.0277 mol / s. So we get $r = -0,0277 [\text{A}]^2$. The order of reaction of H_2O_2 to LAS removal rate is second order with value k equal to 0,2315 mol / s. So we get $r = -0,2315 [\text{A}]^2$. For the order KMnO_4 reaction to the rate of COD removal reaction follows one reaction order with a k value of 0.0172 mol / s. So we get $r = -0,0172 [\text{A}]$. While Order of KMnO_4 reaction to LAS elimination rate is second order with value k equal to 0,1982 mol / s. So we get $r = -0,1982 [\text{A}]^2$.

Keywords : LAS, ABS, KMnO_4 , H_2O_2 , COD

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat serta hidayah- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Studi Penurunan Kandungan Bahan Organik dan Deterjen pada Rumah Pompa Boezem Kalidami Kota Surabaya dengan Oksidator H_2O_2 dan $KMnO_4$ ”. Tak Lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran tugas akhir ini, yakni:

1. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl.SE., selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran dan ilmu yang telah diberikan selama proses pengerjaan tugas akhir ini
2. Bapak Dr.Ir.Mohammad Razif, MM., Bapak Dr.Ir. Agus Slamet M.Sc., dan Bapak Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D. selaku dosen penguji atas arahan dan bimbingan yang telah diberikan
3. Bapak Hadi Sutrisno dan Laboran Jurusan Teknik Lingkungan lainnya yag telah membantu dan memfasilitasi pada saat pengerjaan penelitian di Laboratorium
4. Teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan bantuannya.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga penulisan ini dapat lebih baik lagi dan bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pencemaran Air oleh Deterjen	7
2.2 Surfaktan.....	8
2.3 Kandungan Bahan Organik dalam Limbah Domestik	11
2.4 Rumah Pompa.....	12
2.5 Hidrogen peroksida	14
2.6 Kalium Permanganat (KMO_4).....	20

2.7 Jarrest	23
2.8 Penentuan Kriteria Optimum	26
2.9 Model Kinetika Reaksi	26
2.10 Penelitian Terdahulu	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1. Kerangka Penelitian	36
3.2. Rangkaian Kegiatan Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Penelitian Pendahuluan	44
4.1.1 Karakteristik Air Limbah	44
4.1.2 Penentuan Dosis Penambahan	47
4.1.3 Penentuan Kecepatan Pengolahan	50
4.1.4 Penentuan Waktu pengolahan	52
4.2 Penelitian Utama	54
4.2.1 Penurunan yang terjadi pada saat penambahan oksidator H_2O_2	54
4.2.2 Penurunan yang terjadi pada saat penambahan oksidator $KMnO_4$	59
4.3 Kinetika Reaksi	64
4.3.1 Perhitungan Orde Reaksi Secara Grafik	64
4.3.2 Identifikasi Laju Reaksi Penyisihan COD	66
4.3.3 Identifikasi Laju Reaksi Penyisihan Linear Alkyl Sulfonate (LAS)	71
4.4 Aplikasi di lapangan	76

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
Lampiran 1.....	88
Prosedur Analisis Parameter	88
LAMPIRAN 2	94
Prosedur Pengaturan pH	94
LAMPIRAN 3	96
Penentuan Kurva Kalibrasi	96
LAMPIRAN 4	100
Rekapitulasi Data	100
LAMPIRAN 5	106
Dokumentasi Penelitian	106
BIOGRAFI PENULIS	110

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Potensial Oksidasi	15
Tabel 2. 2 Hasil Penelitian Terdahulu	31
Tabel 4. 1 karakteristik Limbah Awal.....	44
Tabel 4. 2 Karakteristik Limbah Rata-Rata	45
Tabel 4. 3 Teknologi kimia / fisik umum AOP	17
Tabel 4. 4 Kecepatan Penyisihan COD dengan oksidator H ₂ O ₂	66
Tabel 4. 5 Kecepatan Penyisihan COD dengan oksidator KMnO ₄	69
Tabel 4. 6 Kecepatan Penyisihan LAS dengan oksidator H ₂ O ₂ ..	72
Tabel 4. 7 Kecepatan Penyisihan LAS dengan Oksidator KMnO ₄	74

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Reaksi Pembentukan Deterjen	9
Gambar 2. 2 Bentuk Molekul LAS dan ABS	10
Gambar 2. 3 Outlet Pompa Boezem Kalidami	13
Gambar 2. 4 pompa Rumah Pompa Boezem Kalidami	13
Gambar 2. 5 Struktur Hidrogen Peroksida	15
Gambar 2. 6 Jar test	24
Gambar 2. 7 Laju Reaksi Orde Nol	29
Gambar 2. 8 Laju Reaksi Orde Satu	30
Gambar 2. 9 Laju Reaksi Orde dua	31
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	37
Gambar 3. 2 Reaksi antara Metilen Blue dan Surfaktan Anionik	40
Gambar 4. 1 Grafik COD dari Inlet Rumah Pompa Kalidami	46
Gambar 4. 2 Grafik LAS dan ABS	47
Gambar 4. 3 Penentuan Penambahan H_2O_2	48
Gambar 4. 4 Penentuan Penambahan $KMnO_4$	50
Gambar 4. 5 Penentuan Kecepatan Pengolahan H_2O_2	51
Gambar 4. 6 Penentuan Kecepatan Pengolahan $KMnO_4$	52
Gambar 4. 7 Penentuan Waktu Pengolahan	53
Gambar 4. 8 Penentuan Waktu Pengolahan $KMnO_4$	54
Gambar 4. 9 Grafik penambahan H_2O_2 terhadap Penyisihan COD dan pH	55
Gambar 4. 10 Grafik Penambahan H_2O_2 terhadap Penyisihan LAS dan pH	57
Gambar 4. 11 Grafik Penambahan H_2O_2 terhadap Penyisihan ABS dan pH	58
Gambar 4. 12 Grafik Penambahan $KMnO_4$ terhadap Penyisihan COD dan pH	60
Gambar 4. 13 Grafik penambahan $KMnO_4$ terhadap penyisihan LAS dan pH	62
Gambar 4. 14 Grafik penambahan $KMnO_4$ terhadap penyisihan ABS dan pH	63

Gambar 4. 15 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Nol COD dengan H_2O_2	67
Gambar 4. 16 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Satu COD dengan H_2O_2	68
Gambar 4. 17 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Dua COD dengan H_2O_2	68
Gambar 4. 18 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Nol COD dengan $KMnO_4$	70
Gambar 4. 19 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Satu COD dengan $KMnO_4$	70
Gambar 4. 20 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Dua COD dengan $KMnO_4$	71
Gambar 4. 21 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Nol LAS dengan H_2O_2	72
Gambar 4. 22 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Satu dengan H_2O_2	73
Gambar 4. 23 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Dua dengan H_2O_2	73
Gambar 4. 24 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Nol LAS dengan $KMnO_4$	75
Gambar 4. 25 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Satu LAS dengan $KMnO_4$	75
Gambar 4. 26 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Dua LAS dengan $KMnO_4$	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Analisis Parameter.....	81
Lampiran 2 Prosedur Pengaturan pH.....	87
Lampiran 3 Penentuan Kurva Kalibrasi.....	89
Lampiran 4 Rekapitulasi Data.....	93
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian.....	99

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktivitas manusia yang secara sengaja ataupun tidak sengaja dalam membuang limbahnya ke perairan dapat menambah kandungan bahan organik, ataupun bahan non-organik yang dapat mencemari perairan. Deterjen memiliki kemampuan untuk menghilangkan berbagai kotoran yang menempel pada kain, alat-alat rumah tangga, dan peralatan lainnya. Oleh karena itu, deterjen masuk ke badan air sebagai buangan rumah tangga atau sering disebut dengan limbah domestik. Penggunaan deterjen bersifat kontinyu (terus menerus) dan menyebabkan ketergantungan. Limbah deterjen bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Limbah ini membuat permukaan badan air tertutup busa (Maslahat *et al.*, 2010).

Dengan semakin meningkatnya pemakaian bahan ber kandungan deterjen oleh masyarakat atau industri, maka makin meningkat pula potensi pencemaran yang diakibatkan oleh buangan yang mengandung deterjen tersebut. Keberadaan deterjen dalam air semakin meningkat sehingga menjadi lebih tinggi dari ambang batas yang telah ditentukan akan mengakibatkan menurunnya kualitas air, yang pada akhirnya akan berakibat pada kualitas kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, sesuai dengan PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Kelas III bahwa kandungan deterjen dalam air limbah tidak boleh melebihi 0,2 mg/L.

Deterjen yang dijual bebas di pasaran biasanya mengandung 20 – 40% surfaktan, sedangkan sisanya adalah bahan kimia yang biasanya disebut dengan *additives* atau *deterjen builders* yang berfungsi untuk meningkatkan daya bersih deterjen. Bahan surfaktan yang biasa digunakan adalah alkyl benzene (ABS). Senyawa ini termasuk dalam senyawa non biodegradable yaitu tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme,

dan juga banyak menimbulkan busa baik pada sungai ataupun air tanah (Santi, 2009). Akumulasi deterjen dalam perairan dapat meningkatkan nilai kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD)/kebutuhan oksigen kimiawi, *Biological Oxygen Demand* (BOD)/ kebutuhan oksigen biologi, dan angka permanganat (Maslahat *et al.*, 2010).

Air yang penuh dengan limbah deterjen mengalir menuju hilir dan berkumpul pada ujung rumah pompa. Kemudian saat rumah pompa beroperasi, turbulensi dari pompa menyebabkan terbentuknya buih yang melimpah yang dapat menutupi badan air. Kasus ini banyak terjadi pada rumah pompa yang ada di Kota Surabaya, salah satu contohnya yang terjadi di Rumah Pompa Boezem Kalidami. Pada Rumah Pompa Boezem Kalidami ketika pompa dinyalakan selama sepuluh menit, dapat menghasilkan busa sepanjang 15 meter dari mulut pipa pompa. Turbulensi terjadi dikarenakan adanya terjunan air dari ujung saluran pompa yang berada 1 meter dari muka air sungai.

Saluran Kalidami merupakan muara dari 3 bagian yaitu, bagian utara berasal dari daerah Baskarasari, Mulyosari, dan Dharmahusada, pada bagian selatan berbatasan dengan Kejawan, Keputih, ITS dan Gebang, serta pada bagian barat berasal dari Kalidami, Kertajaya dan Manyar Sabrangan.

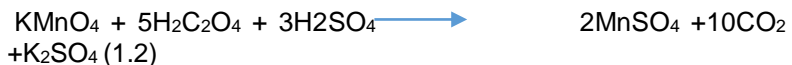
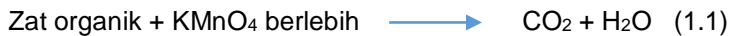
Pengolahan air limbah yang mengandung surfaktan deterjen yang disarankan oleh beberapa buku teks adalah proses koagulasi dan sedimentasi, flotasi dan adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif (Saifudin, 2005). Deterjen dapat diendapkan dengan reaksi penggaraman menggunakan ion-ion logam alkali tanah. Hasil pengendapan terbaik ialah menggunakan koagulan larutan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)_2), yang mampu mereduksi deterjen sebesar 75,5% (Yusuf Izidin, 2001). Namun pada penelitian kali ini akan dilakukan percobaan pengukuran kandungan bahan organik dan buih yang berasal dari deterjen menggunakan Hidrogen peroksida (H_2O_2) dan Kalium Permanganat (KMnO_4).

Hidrogen peroksida merupakan senyawa oksidator kuat yang dapat dikatakan ramah lingkungan. Hidrogen peroksida

sendiri biasa berbentuk cairan yang yang tidak berwarna dan mudah larut dalam air. Hidrogen peroksida di sisi lain, hanyalah air dengan molekul oksigen tambahan dan akan terurai menjadi oksigen dan air. Hidrogen peroksida sering digunakan dalam dunia kesehatan sebagai disinfektan karena tidak meninggalkan residu yang berbahaya. Bahan inipun digunakan sebagai antiseptik pada akuarium (Setyawan *et al*, 2013).

Pada penelitian penurunan kandungan bahan organik pada air limbah kota, kebutuhan oksigen biologis, kekeruhan dan total padatan terlarut yang terdegradasi oleh hidrogen peroksida/UV sekitar 93% COD, 90% BOD dan pengurangan kekeruhan 83% terjadi ketika 40% limbah H₂O₂ digunakan. Namun, saat menggunakan H₂O₂ segar terdeteksi terjadi pengurangan sebesar 63% COD, 68% BOD dan 86% pengurangan kekeruhan (Bhatti, 2011). Namun terdapat oksidator kuat lainnya yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu kalium Permanganat (KMnO₄).

Menurut Sawyer (2004), Kalium Permanganat telah digunakan sebagai zat pengoksidasi secara meluas lebih dari 100 tahun. Reagen ini mudah diperoleh, murah dan tidak memerlukan indikator kecuali bisa digunakan untuk menyatakan berlebihnya reagen itu. Zat organik oksidasi oleh KMnO₄ direduksi oleh asam oksalat berlebih dan asam oksalat dititrasi kembali oleh KMnO₄.



Dengan demikian studi penurunan senyawa organik dan deterjen dengan dua oksidator kuat yang berbeda dapat dijadikan suatu acuan mengetahui keunggulan dari masing-masing H₂O₂ ataupun KMnO₄.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kandungan deterjen dari Kota Surabaya khususnya yang terdapat pada Rumah Pompa Boezem Kalidami?
2. Bagaimana kemampuan dari masing-masing oksidator yaitu H_2O_2 dan KMnO_4 dalam menurunkan kandungan senyawa organik dan deterjen pada Saluran Kalidami Kota Surabaya?
3. Bagaimana hasil laju reaksi dari masing-masing oksidator yaitu H_2O_2 dan KMnO_4 ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kandungan deterjen dari Kota Surabaya khususnya yang terdapat pada Rumah Pompa Boezem Kalidami
2. Menganalisis kemampuan oksidator H_2O_2 dalam menurunkan kandungan senyawa organik dan deterjen dengan variabel berbeda pada Saluran Kalidami, Kota Surabaya
3. Menganalisis kemampuan oksidator KMnO_4 dalam menurunkan kandungan senyawa organik dan deterjen dengan variabel berbeda pada Saluran Kalidami, Kota Surabaya
4. Menganalisis laju reaksi masing-masing oksidator melalui kurva perubahan konsentrasi dan waktu.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Sampel air baku diambil pada inlet Rumah Pompa Boezem Kalidami, Surabaya
2. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya
3. Pengambilan sampel air baku dilakukan pada musim kemarau dengan keadaan tidak hujan dan rumah pompa sedang dijalankan
4. Reaktor dalam keadaan batch, menggunakan prinsip jarrest dengan pengadukan cepat

5. Dilakukan penelitian terdahulu untuk mendapatkan nilai kecepatan pengadukan dan lamanya pengadukan yang akan digunakan pada penelitian ini
6. Variasi-variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah variasi dosis H_2O_2 dan KMnO_4 dan pH pada keadaan asam, netral, dan alkali
7. Parameter yang diukur adalah konsentrasi COD dan kadar deterjen yang terdapat dalam sampel

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yang meliputi hal berikut:

1. Membantu menyelesaikan masalah lingkungan dalam penanganan senyawa organik dan deterjen pada Kota Surabaya khususnya pada Saluran Kalidami Kota Surabaya
2. Memberikan masukan kepada Pemerintah Kota Surabaya dalam penanganan senyawa organik dan deterjen pada Kota Surabaya khususnya pada Saluran Kalidami
3. Menentukan oksidator yang lebih maksimal dalam menurunkan senyawa organik dan deterjen yang terdapat pada Saluran Kalidami, Kota Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian kali ini akan membahas mengenai kemampuan dari penggunaan oksidator kuat yaitu hidrogen peroksida (H_2O_2) dan Kalium Permanganat (KMnO_4) dalam menurunkan senyawa organik dan deterjen yang Kota Surabaya khususnya pada penelitian ini dilakukan pada Rumah Pompa Boezem Kalidami. Dalam hal ini, penelitian didasarkan pada kenyataan yang ada di lapangan mengenai banyaknya busa yang terbentuk akibat turbulensi yang ada pada saat rumah pompa dinyalakan. Hal ini dipicu dari banyaknya deterjen yang ada pada Saluran Kalidami, Kota Surabaya. Bersumber dari banyaknya keluhan mengenai permasalahan yang ada di Kota Surabaya, maka akan dilakukan penelitian khusus pada salah satu rumah pompa yang menjadi sorotan yaitu Rumah Pompa Boezem Kalidami. Dengan demikian dibutuhkan kajian literatur mengenai sumber-sumber relevan yang dapat dijadikan acuan dalam penelitian tersebut yang akan dibahas pada bab ini.

2.1 Pencemaran Air oleh Deterjen

Menurut Damayanti *et.al.* (2014), Air limbah adalah campuran air dan polutan yang terkandung dalam larutan dalam bentuk padatan tersuspensi yang berasal dari kegiatan industri dan aktivitas domestik. Menurut Kirk dan Othmer (1982, dalam Yuliani *et al.*, 2015), Deterjen merupakan salah satu produk komersial yang digunakan untuk menghilangkan kotoran pada pencucian pakaian di industri laundry maupun rumah tangga. Umumnya detergen tersusun atas tiga komponen yaitu, surfaktan (sebagai bahan dasar detergen) sebesar 20-30%, builders (senyawa fosfat) sebesar 70-80 %, dan bahan aditif (pemutih dan pewangi) yang relative sedikit yaitu 2-8%. Surface Active Agent (surfaktan) pada detergen digunakan untuk proses pembasahan dan pengikat kotoran, sehingga sifat dari detergen dapat berbeda tergantung jenis surfaktannya.

Pengolahan air limbah yang mengandung surfaktan detergen yang disarankan oleh beberapa buku teks adalah proses koagulasi dan sedimentasi, flotasi dan adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif. Jarang yang menganjurkan pengolahan menggunakan teknologi pengolahan biologi, karena surfaktan jenis LAS dan ABS sulit terbiodegradasi, walaupun ada beberapa hasil penelitian menunjukkan pengolahan air limbah yang mengandung LAS di bawah kondisi anaerobik dapat diturunkan sampai 60% dengan waktu yang relatif lebih lambat dari sabun. Pengolahan air limbah detergen dengan sistem koagulasi diikuti sedimentasi atau flotasi diikuti koagulasi dan sedimentasi banyak menggunakan zat kimia tambahan dan menimbulkan problem baru, yakni berupa lumpur yang mengandung bahan kimia dan detergen (Saifudin,2005).

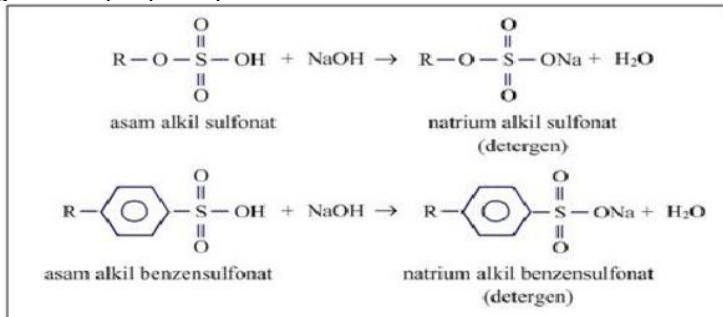
Ketika limbah hasil cucian yang mengandung deterjen langsung dibuang ke badan air, maka muncul buih yang dapat mengganggu mutu air, mengganggu ekosistem yang ada dalam badan air, serta menimbulkan kerusakan air tanah. Peraturan Menteri Kesehatan RI No: 416/MENKES/1990 tanggal 9 september 1990 tentang persyaratan kualitas air minum di Indonesia menetapkan bahwa konsentrasi deterjen maksimum yang diperbolehkan pada air bersih tidak boleh melebihi 0,5 mg/L sebagai senyawa aktif biru metilen (MBAS).

2.2 Surfaktan

Deterjen adalah Surfaktan anionik dengan gugus alkil (umumnya C9–C15) atau garam dari sulfonat atau sulfat berantai panjang dari Natrium ($\text{RSO}_3^- - \text{Na}^+$ dan $\text{ROSO}_3^- - \text{Na}^+$) yang berasal dari derivat minyak nabati atau minyak bumi (fraksi parafin dan olefin). Setelah Perang Dunia II, deterjen sintetis mulai dikembangkan akan tetapi karena gugus utama surfaktant ABS yang sulit di biodegradable (diuraikan) maka pada tahun 1965 industri mengubahnya dengan yang biodegradabel yaitu dengan gugus utama surfaktant LAS. Proses pembuatan deterjen dimulai dengan membuat bahan penurun tegangan permukaan, misalnya: *p* – alkilbenzena sulfonat dengan gugus alkil yang sangat bercabang disintesis dengan polimerisasi propilena dan dilekatkan pada cincin benzena dengan reaksi alkilasi Friedel–Craft Sulfonasi, yang disusul dengan pengolahan dengan basa

(Rahimah, 2016). Berikut merupakan gambaran pembentukan deterjen dengan surfaktan anionik, terdapat pada **Gambar 2.1**.

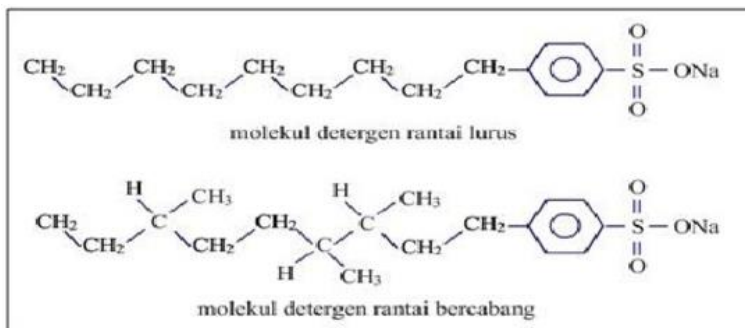
Surfaktan merupakan zat aktif permukaan yang mempunyai ujung berbeda yaitu hydrophile (suka air) dan hydrophobe (suka lemak). Bahan aktif ini berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan.



Gambar 2. 1 Reaksi Pembentukan Deterjen

Surfaktan ini baik berupa anionik (Alkyl Benzene Sulfonate/ABS, Linier Alkyl Benzene Sulfonate/LAS, Alpha Olein Sulfonate/AOS), Kationik (Garam Ammonium), Non ionic (Nonyl phenol polyethoxyle), Amphoterik (Acyl Ethylenediamines). Surfaktan kationik bersifat toksik jika tertelan dibandingkan dengan surfaktan anionik dan non-ionik. Sisa bahan surfaktan yang terdapat dalam deterjen dapat membentuk chlorbenzene pada proses klorinasi pengolahan air minum PDAM. Chlorbenzene merupakan senyawa kimia yang bersifat racun dan berbahaya bagi kesehatan (Isminingsih,1972).

Dari banyaknya tipe surfaktan yang ada, yang paling banyak digunakan dalam deterjen merupakan surfaktan tipe anionik dalam bentuk sulfat dan sulfonat. Contoh dari surfaktan anionik sulfonate adalah LAS dan ABS. Berikut pada **Gambar 2.2** dapat dilihat perbedaan bentuk molekul dari LAS dan ABS



Gambar 2. 2 Bentuk Molekul LAS dan ABS

Builder (Pembentuk) Berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air. Baik berupa Phosphates (Sodium Tri Poly Phosphate/STPP), Asetat (Nitril Tri Acetate/NTA, Ethylene Diamine Tetra Acetate/EDTA), Silikat (Zeolit), dan Sitrat (asam sitrat). Filler (pengisi) Adalah bahan tambahan deterjen yang tidak mempunyai kemampuan meningkatkan daya cuci, tetapi menambah kuantitas atau dapat memadatkan dan memantapkan sehingga dapat menurunkan harga. Contoh : Sodium sulfat. *Additives* Adalah bahan suplemen/ tambahan untuk membuat produk lebih menarik, misalnya pewangi, pelarut, pemutih, pewarna dan sebagainya yang tidak berhubungan langsung dengan daya cuci deterjen. *Additives* ditambahkan lebih untuk maksud komersialisasi produk. Contoh : Enzyme, Borax, Sodium chloride, Carboxy Methyl Cellulose (CMC) dipakai agar kotoran yang telah dibawa oleh deterjen kedalam larutan tidak kembali ke bahan cucian pada waktu mencuci (anti Redeposisi). Wangi – wangi atau parfum dipakai agar cucian berbau harum, sedangkan air sebagai bahan pengikat (Rahimah, 2016).

Gugus hidrofilik pada surfaktan bersifat polar dan mudah bersenyawa dengan air, sedangkan gugus lipofilik bersifat non polar dan mudah bersenyawa dengan minyak. Di dalam molekul surfaktan, salah satu gugus harus lebih dominan jumlahnya. Bila gugus polarnya yang lebih dominan, maka molekul-molekul surfaktan tersebut akan diabsorpsi lebih kuat oleh air dibandingkan dengan minyak. Akibatnya tegangan permukaan air

menjadi lebih rendah sehingga mudah menyebar dan menjadi fase kontinu. Demikian pula sebaliknya, bila gugus non polarnya lebih dominan, maka molekul-molekul surfaktan tersebut akan diabsorpsi lebih kuat oleh minyak dibandingkan dengan air.

2.3 Kandungan Bahan Organik dalam Limbah Domestik

Menurut Idris-Nda, dkk. (2013) limbah domestik mencakup berbagai macam kontaminan yang dapat berpotensi berbahaya atau konsentrasi yang dapat menyebabkan degradasi kualitas air. Kontaminan potensial termasuk sabun dan deterjen dari kamar mandi, sisa makanan dan minyak dari dapur dan aktivitas manusia lainnya yang melibatkan penggunaan air. Air limbah yang berasal dari kotoran manusia (feces dan urin), juga dikenal sebagai blackwater, termasuk air dari WC, septic tank atau soakaway, dan air cuci. Greywater adalah air limbah yang berasal dari limpasan hujan perkotaan dari jalan, atap, dan trotoar. Air limbah mengandung berbagai komponen yang sebagian besar termasuk bakteri patogen, bahan kimia sintetis, bahan organik, dan logam berat. Kualitas air limbah dapat didefinisikan oleh karakteristik fisik, kimia dan biologis.

Secara umum karakteristik kimia limbah cair dapat dibedakan menjadi zat organik yang terdiri atas parameter DO, BOD, COD dan pH. Oksigen terlarut yang merupakan oksigen yang terdapat dalam air (dalam bentuk molekul oksigen dan bukan dalam bentuk molekul hidrogen oksida) biasanya dinyatakan dalam mg/L (ppm) (Kumar, dkk., 2012). Menurut Agustira, dkk., (2013), BOD atau Biochemical Oxygen Demand merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk dapat menguraikan atau mendekomposisikan bahan organik dalam kondisi aerobik. COD atau Chemical Oxygen Demand merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses penguraian seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Menurut Asmadi dan Suharno (2012), bahwa kadar pH yang baik adalah pH masih kemungkinan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik Parameter Fisika.

2.4 Rumah Pompa

Pada penelitian ini, air baku berasal dari rumah pompa yang terdapat di muara Saluran Kalidami, yaitu Rumah Pompa Boezem Kalidami. Saluran Kalidami merupakan muara dari 3 bagian yaitu, bagian utara berasal dari daerah Baskarasari, Mulyosari, dan Dharmahusada, pada bagian selatan berbatasan dengan Kejawan, Keputih, ITS dan Gebang, serta pada bagian barat berasal dari Kalidami, Kertajaya dan Manyar Sabrangan.

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air pada Lampiran II tentang Penetapan Kelas Air Sungai/Saluran/Waduk, saluran Kalidami ditetapkan dalam klasifikasi kelas III. Menurut pasal 7 bagian 3 tentang klasifikasi dan mutu air Peraturan Daerah Kota Surabaya

Sehingga pada nilai baku mutu COD dan deterjen sebagai MBAS masing masing sebesar 50 mg/L dan 200 µg/L. Masing-masing nilai terlampir dalam lampiran 1 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air dalam Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Berikut gambar keadaan outlet pada rumah pompa di Saluran Kalidami pada saat Rumah Pompa Boezem Kalidami beroperasi, yaitu ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.

Menurut data yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum, Bina Marga dan Pematusan, jumlah pompa yang pada Rumah Pompa Boezem Kalidami terdapat 7 unit *submersible pump* dengan kapasitas 1,5 m³/detik dengan merk Groundfos dan 2 unit *sludge pump* dengan kapasitas 0,25 m³/detik. Air yang masuk kedalam inlet Rumah Pompa Boezem Kalidami melalui Mechanical barscreen sebelum dipompakan menuju outlet. Pump yang terpasang langsung dengan pintu air dengan masing-masing yang terdapat pada pintu air sebanyak 4 unit. Masing masing daya yang dibutuhkan untuk pengoperasian sebesar 1300 VA dan 6600 VA. Dapat dilihat gambar outlet pompa yang ada di Rumah Pompa Medokan Ayu Hilir pada **Gambar 2.4** dibawah ini:



Gambar 2. 3 Outlet Pompa Boezem Kalidami



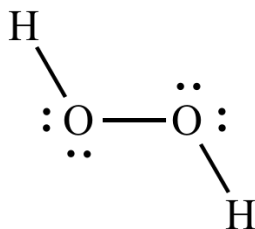
Gambar 2. 4 pompa Rumah Pompa Boezem Kalidami

Proses pengoperasian pompa yang berada pada rumah pompa tidak menentu setiap harinya. Pengoperasian pompa oleh operator rumah pompa khususnya Rumah Pompa Boezem Kalidami hanya pada saat debit air meningkat dan pada saat *maintenance* pompa dengan cara memanaskan agar tidak terjadi konsleting. Pada saat debit air meningkat merupakan akibat dari curah hujan yang tinggi pada daerah tersebut ataupun terdapat kiriman air dari daerah hulu. Petugas operator pompa pada Rumah Pompa Boezem Kalidami terdapat empat orang yang merupakan pegawai resmi dari Dinas Pekerjaan Umum, Bina Marga dan Pematusan.

2.5 Hidrogen peroksida

H₂O₂ pertama kali diisolasi melalui reaksi barium peroksida dan asam nitrat oleh Louis Jacques Thenard pada tahun 1818. Proses ini digunakan untuk menghasilkan H₂O₂ sejak akhir abad ke-19 sampai pertengahan abad ke-20. H₂O₂ murni ditemukan pertama kali oleh Richard Wolffenstein pada tahun 1894 melalui destilasi vakum. Nama lainnya adalah dioksida dihidrogen, dihidrogen dioksida, hidrogen dioksida atau dioksidan. H₂O₂ sangat melimpah di alam, terutama terbentuk oleh rangsangan cahaya matahari pada air dan ditemukan pada air hujan dan salju (Nindl, 2004).

Pada umumnya hidrogen peroksida stabil pada kisaran pH yang rendah sehingga stabilisasi hidrogen peroksida dilakukan dengan penambahan mineral asam seperti fosfat atau asam nitrit, sedangkan untuk pelarut hidrogen peroksida dalam skala komersial adalah air suling (aquades) yang bebas dari ion dan alkalinitas rendah. Hidrogen peroksida adalah salah satu oksidator kuat, lebih kuat dari chlorin, chlorin dioksida dan kalium permanganat. Dan juga hidrogen peroksida dapat membentuk hidroksil radikal yang reaktifitasnya hanya dibawah flourin. Disamping sebagai oksidator kuat, hidrogen peroksida juga aman, yang dapat diuraikan mikroorganisme menjadi oksigen dan air. Dalam perairan hidrogen peroksida dapat terbentuk dengan bantuan sinar matahari.



Gambar 2. 5 Struktur Hidrogen Peroksida

(sumber: <http://www.chem.ucla.edu/>)



H_2O_2 juga biasa dikombinasikan dengan berbagai katalis lainnya untuk meningkatkan nilai potensial oksidasinya. Hal ini biasa disebut sebagai teknologi AOP (*Advanced Oxidation Processes*). Teknologi AOP adalah satu atau lebih kombinasi dari beberapa proses seperti ozon, hidrogen peroksida, sinar UV, titanium oksida, fotokatalis serta proses lainnya untuk menghasilkan radikal bebas OH^* . Oksida potensial tinggi membuat radikal bebas OH^* sangat mudah mengoksidasi senyawa-senyawa organik maupun non-organik (pseutova, *et al.*, 2011). Berikut perbedaan nilai potensial oleh agen-agen pengoksidasi konvensional menurut Metcalf and Eddy(2003), ditunjukkan pada **Tabel 2.1** berikut:

Tabel 2. 1 Nilai Potensial Oksidasi

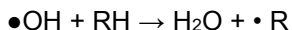
No.	Agen Pengoksidasi	Potensial Oksidasi Elektrokimia (EOP), V
1.	Florin	3,60
2.	Hidroksil Radikal	2,80
3.	Oksigen (atom)	2,42
4.	Ozon	2,80
5.	Hidrogen Peroksida	1,78
6.	Hipoklorit	1,49
7.	Klorin	1,36
8.	Kloron Dioksida	1,27
9.	Oksigen (molekul)	1,23

Menurut Elfiana (2008), hidrogen peroksida akan menurunkan BOD / COD / TOC dalam berbagai macam limbah cair. Pengurangan ini dapat dicapai dengan dua mekanisme: pertama, oksidasi langsung yaitu hidrogen peroksida dapat menurunkan BOD / COD / TOC dengan oksidasi langsung (baik lengkap atau sebagian) dari komponen air limbah. Tingkat dan tingkat oksidasi bergantung pada konsentrasi H_2O_2 dan sifat limbah yang diobati. Penggunaan besi yang dikatalisis H_2O_2 (Reagen Fenton) dapat meningkatkan jumlah penurunan BOD/COD/TOC yang dicapai. Penggunaan katalis disebut sebagai teknologi AOPs (Advanced Oxidation Processes) yaitu salah satu atau kombinasi dari beberapa proses seperti ozon, UV, titanium oksida, penambahan fenton dan sebagainya untuk menghasilkan radikal bebas OH^* . Radikal bebas OH^* dapat dihasilkan oleh H_2O_2 yang merupakan spesies aktif yang memiliki oksidasi potensial yang lebih tinggi daripada H_2O_2 atau ozon secara mandiri. Radikal bebas OH^* merupakan spesies aktif yang memiliki oksidasi potensial sebesar 2,8 V melebihi ozon dengan oksidasi potensial hanya 2,07 V. Oksidasi potensial tinggi membuat radikal bebas OH^* sangat mudah mengoksidasi senyawa-senyawa organik maupun non organik (Pesoutova et al, 2011).

Selanjutnya sumber Oksigen yaitu dalam limbah cair yang aktif secara biologis, hidrogen peroksida akan mudah terurai menjadi air dan oksigen. Pelepasan oksigen akan membantu pengurangan BOD dengan memungkinkan bakteri aerobik berfungsi lebih efisien. Mekanisme ini sangat penting dalam kasus di mana kekurangan oksigen terjadi karena tingginya beban BOD / COD / TOC dan / atau aerasi yang tidak memadai.

Dalam proses oksidasi lanjutan AOP radikal hidroksida •OH bukan OH^- hydroxyl Ion seperti pada basis (radikal juga ditunjukkan $OH \bullet$ Atau OH' dalam literatur), diproduksi dalam a langkah pertama. Molekul ini memiliki kemampuan oksidasi dan gangguan yang sangat kuat yang mungkin, tergantung kondisi, mengubah kompleks (bandel atau refraktori), molekul organik menjadi CO_2 dan H_2O yang menyebabkan mineralisasi atau hilang totalnya molekul. Reaksi pertama dari •OH dengan banyak

senyawa organik volatil (VOC) adalah pemindahan dari atom hidrogen, membentuk air dan radikal alkil ($\bullet R$).



Reaksi oksidasi yang menghasilkan radikal cenderung diikuti oleh oksidasi tambahan reaksi antara oksidan radikal dan reaktan lainnya, (baik organik dan anorganik), sampai produk oksidasi stabil terbentuk.

Ringkas pada saat ini; AOP adalah reaksi dimana pertama, radikal hidroksil berada diproduksi, kedua, radikal ini bereaksi dengan dan menghancurkan organik yang dapat terdegradasi dan senyawa anorganik. Biasanya metode seperti UV, ozon O_3 , Hidrogen peroksida H_2O_2 , Fenton dan titanium dioxide TiO_2 digabungkan (efek sinergis) meningkat •Pembentukan OH Metode penggabungan meningkatkan laju reaksi 100 - 1000 kali dibandingkan untuk menggunakan ozon, H_2O_2 atau UV saja. Kemampuan oksidan untuk memulai kimia reaksi diukur dari segi potensi oksidasinya, yaitu kemampuannya untuk mengganggu, putus dan menghancurkan molekul, seperti tercantum dalam **Tabel 4.3** berikut:

Tabel 4. 1 Teknologi kimia / fisik umum AOP

Agen Pengoksidasi (dari lemah ke kuat)	Relatif Oksidatif Potensi (tergantung pada Klorin Cl_2 Yang sudah diatur Untuk 1)	Oxidising Potential (EOP) V	AOP Methods/ technologies	Keterangan: Proses oksidasi lanjutan adalah Mereka yang memproduksi tingkat tinggi Radikal hidroksil. Biasanya Kombinasi dua atau lebih Proses. Bereaksi dengan cara melepas H atau Menambahkan OH ke molekul.
UV <200nm UV di 254nm Dengan O_3 untuk membentuk			O ₃ + UV H ₂ O ₂ + UV O ₃ + H ₂ O ₂ + UV	Kekurangan utama - membutuhkan rendah Kekeruhan dan konsentrasi UV rendah

• OH				Menyerap bahan kimia Biasanya UV tidak Digunakan sendiri di AOPs
Oxygen O ₂	0.90	1.23		
Chlorine dioxide ClO ₂	0.93	1.27		
Chlorine Cl ₂	1.00	1.36		Oksidasi bahan organik mengarah ke Desinfeksi hasil sampingan produk.
Hypochlorous acid HOCl	1.10	1.49		
Potassium Permanganate KMn ₄	1.24	1.67		Relatif mahal, digunakan untuk besi Fe Dan oksidasi Mn mangan.
Hydrogen Peroxide H ₂ O ₂	1.30	1.78	O ₃ +H ₂ O ₂ UV + H ₂ O ₂	Biasa digunakan dengan UV dan / atau O ₃ , Relatif aman dan mudah digunakan.

(Grote,2012)

Konsentrasi H₂O₂ adalah:

1. 3-3,5% (kadar farmasi) sediaan dengan konsentrasi ini banyak dijual di apotek, toko obat dan supermarket. Sediaan ini mengandung sejumlah stabilisator, seperti asetanilid, fenol, natrium stanat dan tetranatrium fosfat yang bersifat toksik, sehingga tidak direkomendasikan untuk pemakaian dalam tubuh;
2. 6% (kadar kecantikan) banyak digunakan di salon kecantikan sebagai pelarut zat warna rambut. Tidak direkomendasikan untuk pemakaian dalam tubuh;
3. 30% (kadar regen) digunakan dalam percobaan di laboratorium dan biasanya mengandung stabilisator;
4. 30- 32% (kadar elektronik) digunakan untuk membersihkan komponen elektronik;
5. 35% (kadar teknik) biasa digunakan bersama dengan fosfor untuk menetralsir klorin dalam air;

6. 35% (kadar makanan) digunakan dalam produk makanan seperti keju dan telur. Juga terdapat dalam lapisan kertas aluminium pembungkus aseptik untuk makanan, seperti produk jus buah dan susu. Ini merupakan kadar yang direkomendasi untuk pemakaian dalam tubuh;
7. 90% digunakan sebagai sumber oksigen dalam bahan bakar roket. (DG,2007)

H_2O_2 sebaiknya disimpan dalam ruangan dingin, kering, dengan ventilasi yang baik, dan dijauhkan dari bahan-bahan yang mudah terbakar. Tempat penyimpanan seharusnya terbuat dari bahan yang tidak bereaksi, seperti stainless steel, kaca, beberapa jenis plastik dan campuran aluminium yang berwarna gelap. (William, 2007)

Dengan sifat hidrogen peroksida yang terurai menjadi air, menyebabkan penambahan hidrogen peroksida kedalam badan air tidaklah menimbulkan dampak yang besar. Kemudian, dalam penelitian ini akan diteliti mengenai jumlah kadar hidrogen peroksida yang optimum.

Menurut USP Technologies, Hidrogen peroksida akan menurunkan BOD / COD / TOC dalam berbagai macam limbah cair. Pengurangan ini dapat dicapai dengan dua mekanisme:

1. Oksidasi langsung

Hidrogen peroksida dapat menurunkan BOD/COD/TOC dengan oksidasi langsung (baik lengkap atau sebagian) dari komponen air limbah. Tingkat dan tingkat oksidasi bergantung pada konsentrasi H_2O_2 dan sifat limbah yang diobati. Penggunaan besi yang dikatalisis H_2O_2 (Reagen Fenton) dapat meningkatkan jumlah penurunan BOD/COD/TOC yang dicapai.

2. Sumber Oksigen

Dalam limbah cair yang aktif secara biologis, hidrogen peroksida akan mudah terurai menjadi air dan oksigen. Pelepasan oksigen akan membantu pengurangan BOD dengan memungkinkan bakteri aerobik berfungsi lebih efisien. Mekanisme ini sangat penting dalam kasus di mana kekurangan oksigen terjadi karena tingginya beban BOD/COD/TOC dan / atau aerasi yang tidak memadai.

Hidrogen peroksida telah digunakan untuk mengurangi BOD, COD, bau tak sedap dan busa dalam air limbah rumah tangga atau industri selama bertahun-tahun. Sedangkan biaya

untuk membersihkan air limbah ini melalui oksidasi kimia biasanya lebih mahal daripada melalui sarana fisik atau biologis. Hidrogen peroksida dapat digunakan sebagai proses pengolahan otonom, sesuai dengan situasi. Hidrogen peroksida dapat digunakan sendiri, atau dengan katalis besi seperti (Fe^{2+} atau Fe^{3+}), sinar UV, ozon (O_3) autoksidasi katalitik dan alkali berkontribusi pada pengurangan BOD / COD dalam air limbah (Ksibi, 2006).

Integrasi pengolahan biologis aerobik dan oksidasi kimia menggunakan hidrogen peroksida sebagai oksidan memungkinkan kontrol yang efektif dengan beban organik, bau tak sedap dan busa di air limbah rumah tangga. Mayoritas senyawa organik yang ditemukan dihancurkan oleh proses oksidasi hidrogen peroksida, memberikan pengurangan 85% dari COD dan rasio BOD_5 / COD meningkat 0,106-0,47. Kontrol dicapai dengan menyesuaikan H_2O_2 konsentrasi relatif terhadap COD beban. Dosis optimal ditentukan dalam penelitian ini sama dengan 1,5 ml H_2O_2 per air limbah liter dengan $300 < \text{COD} < 400$ mg O_2/L .

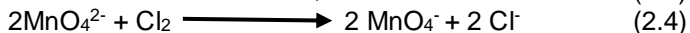
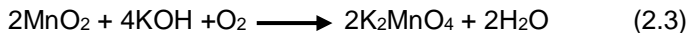
Tidak hanya itu Hidrogen peroksida juga dapat mengoksidasi deterjen yang merupakan senyawa organik dengan reaksi sebagai berikut:

Reaksi antara H_2O_2 dengan deterjen: (Elfina, 2008)



2.6 Kalium Permanganat (KMO_4)

Kalium permanganat atau KMnO_4 adalah garam yang tidak tersedia di alam. Sebenarnya, itu dihasilkan dari MnO_2 yang disatukan dengan KOH dan nya. Reaksi adalah sebagai berikut:

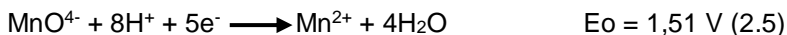


KMnO_4 berbentuk serbuk jarum dengan warna keunguan-bronze-abu-abu dan magenta-rose. KMnO_4 larut dalam air dan terurai dalam alkohol dan pelarut organik. Mangan ada di alam berupa mineral. Senyawa paling melimpah seperti mineral adalah oksida (pyrolusite, Manganite, hausmannite), sulfida (mangan

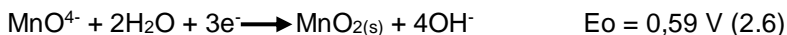
blende dan hauerite), karbonat (Manganesepar), dan silikat (braunite, tephroite, knebelite, Rhodamite). (Hendratna, 2011).

MnO_4^- adalah oksidan kuat, dimana Mn memiliki keadaan oksidasi +7 yang dimilikinya tinggi pe pada pH rendah. pH sangat mempengaruhi potensi redoks KMnO_4 , untuk diketahui bahwa oksidasi KMnO_4 akan menghasilkan Mn dalam berbagai keadaan oksidasi (Mn^{6+} , Mn^{5+} , Mn^{4+} , Mn^{3+} , Mn^{2+}) tergantung pada reaktan dan pH sistem. Potensi redoks di bawah berbeda tergantung pada kondisi pH, seperti dijelaskan di bawah ini:

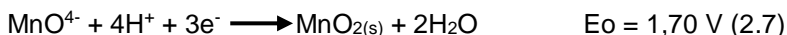
- Dalam larutan asam kuat:



- Dalam larutan alkali:

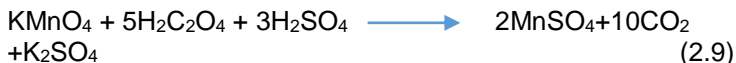
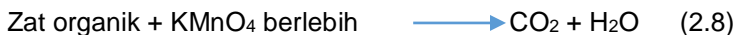


- Dalam pH netral asam:



KMnO_4 diketahui mudah mengoksidasi ikatan rangkap karbon karbon alkena dan berpotensi mengoksidasi ikatan rangkap aromatik (Aleboyeh et al, 2009).

Menurut Sawyer (2004), Kalium Permanganat telah digunakan sebagai zat pengoksidasi secara meluas lebih dari 100 tahun. Reagen ini mudah diperoleh, murah dan tidak memerlukan indikator kecuali bisa digunakan untuk menyatakan berlebihnya reagen itu. Zat organik oksidasi oleh KMnO_4 direduksi oleh asam oksalat berlebih dan asam oksalat dititrasi kembali oleh KMnO_4 .



Kalium permanganat mampu mengoksidasi senyawa organik yang mengandung ikatan rangkap karbon-karbon, gugus aldehida atau gugus hidroksil. Sebagai elektrofil, ion

permanganat sangat tertarik pada elektron dalam ikatan rangkap karbon-karbon yang ditemukan dalam alkena terklorinasi, meminjam kerapatan elektron dari ikatan ini untuk membentuk senyawa oksigen yang tidak stabil dan stabil yang dikenal sebagai hypomanganate diester. Produk intermediate ini selanjutnya bereaksi dengan sejumlah mekanisme termasuk hidroksilasi, hidrolisis atau pembelahan. Kalium permanganat memberikan beberapa keuntungan seperti penanganan mudah, dan merupakan padatan mudah larut dan sangat efektif dalam pengolahan air dan air limbah (Xu et al., 2005).

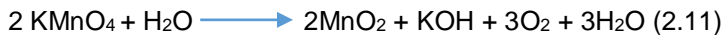
Menurut APHA (1998), Yang dimaksud nilai permanganat KMnO_4 adalah jumlah miligram kalium permanganat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada di dalam air. Terdapat beberapa keuntungan dari permangan pada water treatment adalah sehubungan dengan tujuannya:

- a. Merupakan oksidator kuat dan bereaksi cepat dengan senyawa-senyawa Fe^+ , Mn^{2+} , Cn^+ dan fenol juga senyawa lain yang menyebabkan timbulnya rasa dan bau
- b. Sesuai dengan konsentrasinya dapat membunuh dan menjaga pertumbuhan alga dan mikroorganisme
- c. Mudah dihilangkan dan dikontrol keadaannya dan segera beradaptasi pada operasi pada water treatment sederhana
- d. Pada reduksi, mangandioksida akan terbentuk
- e. Seperti ozon, permanganat tidak memberi rasa dan bau pada air yang ditempatkannya. Kerugian pada operasional dengan permanganat adalah kebutuhan mengoksidasi, bagaimanapun hal ini tidak akan menimbulkan masalah pada penerapannya yang meliputi koagulasi, sedimentasi dan filtrasi.

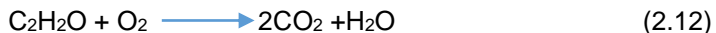
- Reaksi oksidasi KMnO_4 dalam kondisi asam sebagai berikut:



- Reaksi KMnO_4 dalam kondisi basa sebagai berikut:



- Zat organik dapat dioksidasi sebagai berikut:



2.7 Jartest

Pada proses pengolahan limbah deterjen ini menggunakan metode jartest untuk mengetahui tingkat kekeruhan suatu sample air, maka kita bisa menggunakan alat laboratorium yang bernama Jartest. Jartest ini juga dapat digunakan untuk mengetahui kinerja kogulasi dan flokulasi secara simulasi di laboratorium asalkan air yang dilakukan simulasi dengan jartest ini adalah air yang benar-benar akan dilakukan pengolahan dilapangan. Standar ini menetapkan suatu metode pengujian koagulasi flokulasi dengan cara jartest, termasuk prosedur umum untuk mengevaluasi pengolahan dalam rangka mengurangi bahanbahan terlarut, koloid, dan yang tidak dapat mengendap dalam air dengan menggunakan bahan kimia dalam proses koagulasi-flokulasi, yang dilanjutkan dengan pengendapan secara gravitasi. Berikut merupakan gambar Jartest:



Gambar 2. 6 Jar test

(sumber: environment.com.my)

Menurut Rahimah (2016), Koagulasi adalah dicampurkan koagulan dengan pengadukan secara cepat guna mendistabilisasi koloid dan solid tersuspensi yang halus, dan masa inti partikel, kemudian membentuk jonjot mikro (mikro flok). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi sebagai berikut :

a) Suhu air

Suhu air yang rendah mempunyai pengaruh terhadap efisiensi proses koagulasi. Bila suhuair diturunkan , maka besarnya daerah pH yang optimum pada proses kagulasi akan berubah dan merubah pembubuhan dosis koagulan

b) Derajat Keasaman (pH)

Proses koagulasi akan berjalan dengan baik bila berada pada daerah pH yang optimum. Untuk tiap jenis koagulan mempunyai pH optimum yang berbeda satu sama lainnya

c) Jenis Koagulan

Pemilihan jenis koagulan didasarkan pada pertimbangan segi ekonomis dan daya efektivitas dari pada koagulan dalam pembentukan flok. Koagulan dalam bentuk larutan lebih efektif dibanding koagulan dalam bentuk serbuk atau butiran

d) Kadar ion terlarut

Pengaruh ion-ion yang terlarut dalam air terhadap proses koagulasi yaitu : pengaruh anion lebih besar daripada kation. Dengan demikian ion natrium, kalsium dan magnesium tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap proses koagulasi

e) Tingkat kekeruhan

Pada tingkat kekeruhan yang rendah proses destibilisasi akan sukar terjadi. Sebaliknya pada tingkat kekeruhan air yang tinggi maka proses destibilisasi akan berlangsung cepat. Tetapi apabila kondisi tersebut digunakan dosis koagulan yang rendah maka pembentukan flok kurang efektif

f) Dosis koagulan

Untuk menghasilkan inti flok yang lain dari proses koagulasi dan flokulasi sangat tergantung dari dosis koagulasi yang dibutuhkan. Bila pembubuhan koagulan sesuai dengan dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan inti flok akan berjalan dengan baik

g) Kecepatan pengadukan

Tujuan pengadukan adalah untuk mencampurkan koagulan ke dalam air. Dalam pengadukan hal-hal yang perlu diperhatikan adalah pengadukan harus benar-benar merata, sehingga semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel-partikel atau ion-ion yang berada dalam air. Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok bila pengadukan terlalu lambat mengakibatkan lambatnyaflok terbentuk dan sebaliknya apabila pengadukan terlalu cepat berakibat pecahnya flok yang terbentuk

h) Alkalinitas

Alkalinitas dalam air ditentukan oleh kadar asam atau basa yang terjadi dalam air. Alkalinitas dalam air dapat membentuk flok dengan menghasil ion hidroksida pada reaksi hidrolisa koagulan.

Flokulasi adalah pengadukan perlahan terhadap larutan jonjot mikro yang menghasilkan jonjot besar dan kemudian mengendap secara cepat (Tjokrokusumo, 1995). Ada dua jenis proses flokulasi yaitu :

a) Flokulasi perikinetik

Flok yang diakibatkan oleh adanya gerak thermal (panas) yang dikenal sebagai gerak Brown, prosesnya disebut flokulasi

perikinetik. Gerak acak dari partikel-partikel koloid yang ditimbulkan karena adanya tumbukan molekul-molekul air, akan mengakibatkan terjadinya gabungan antar partikel lebih sangat kecil $1 < 100$ milimikron (Sank R.K, 1986).

b) Flokulasi orthokinetik

Flokulasi orthokinetik adalah suatu proses terbentuknya flok yang diakibatkan oleh terbentuknya gerak media (air) misalnya pengadukan (Sank R.K, 1986). Pada umumnya kecepatan aliran cairan akan berubah terhadap tempat dan waktu. Perubahan kecepatan dari satu titik ke titik lainnya dikenal sebagai gradien kecepatan, dengan notasi G . Dengan adanya perbedaan kecepatan aliran media cair akan mempunyai aliran kecepatan yang berbeda pula akibatnya akan terjadi tumbukan atau kontak antar partikel.

2.8 Penentuan Kriteria Optimum

Dalam menentukan kondisi optimum, berikut kriteria yang harus diperhatikan:

- a) Kadar COD sudah memenuhi baku mutu air limbah 50 mg/L (PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air)
- b) Kadar surfaktan sudah memenuhi baku mutu air limbah sebesar 0,2 mg/L (PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air)
- c) Tidak terdapat reagen tersisa dalam sampel yang diuji
- d) Kurva hasil penelitian tidak menunjukkan kondisi semakin tinggi ataupun semakin menurun (stagnan)
- e) Removal efisiensi COD yang dihasilkan oleh hidrogen peroksida murni lebih dari 24% (Qureshi et al., 2002).

2.9 Model Kinetika Reaksi

Kinetika orde didefinisikan sebagai jumlah eksponen faktor konsentrasi yang terdapat dalam hukum laju reaksi. Laju reaksi adalah jumlah konsentrasi per satuan waktu. Menurut Sa'adah, dkk (2012), bidang kimia yang mengkaji, kecepatan atau laju terjadinya reaksi kimia dinamakan kinetika kimia (*chemical kinetics*). Kata kinetik menunjukkan gerakan atau perubahan, energi kinetik sebagai energi yang tersedia karena

gerakan suatu benda. Kinetika merujuk pada laju reaksi (*reaction rate*) yaitu perubahan konsentrasi reaktan atau produk terhadap satuan waktu.

Setiap reaksi dapat dinyatakan dengan persamaan umum



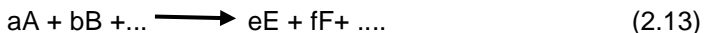
Persamaan tersebut menunjukkan bahwa, selama berlangsungnya suatu reaksi, molekul reaktan bereaksi makan molekul produk terbentuk. Sebagai hasilnya, jalannya reaksi dapat diamati dengan menurunnya konsentrasi reaktan atau meningkatnya konsentrasi produk. (Chang, 2005)

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi antara lain adalah konsentrasi, katalis, sifat pelarutnya, dan kondisi fisik. Penentuan orde reaksi dapat dilakukan dengan metode, antara lain:

- Metode deferensial (Laju Reaksi Awal)
- Metode integrasi

Perhitungan kinetika reaksi pada penelitian ini menggunakan reaktor dalam keadaan batch. Menurut Missen, *et al.* (1990), reaktor dalam keadaan batch biasa digunakan dalam menginvestigasi reaksi kimia dalam laboratorium dan juga dalam skala besar (komersial).

Penentuan laju reaksi untuk reaksi secara umum adalah sebagai berikut:



Laju reaksi dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Laju} = r = k \cdot [A]^x \cdot [B]^y$$

Dengan : k = konstanta laju reaksi

x, y = order reaksi untuk A dan B

$x+y$ = order reaksi total

Penentuan orde reaksi secara praktis menurut Tahir (2012), dapat dibagi menjadi:

- Metoda pengukuran laju awal
- Pendekatan waktu paro
- Metode Powell-plot
- Metode isolasi
- Penentuan laju reaksi dengan grafik

Pada penelitian ini dilakukan penentuan laju reaksi dengan grafik. Penentuan ini dilakukan dari hasil penjabaran laju reaksi berdasarkan penyelesaian integral matematik. Pada penelitian ini akan digunakan metode laju reaksi awal. Orde reaksi merupakan pangkat perubahan konsentrasi terhadap perubahan laju degradasi. Orde reaksi dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Orde reaksi nol (Reynold, 1996)

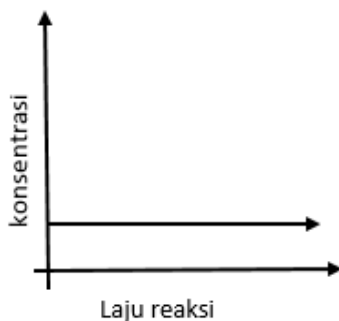
Reaksi dikatakan berorde nol terhadap suatu pereaksi apabila perubahan konsentrasi pereaksi tersebut tidak mempengaruhi laju reaksi. Dalam bentuk grafik digambarkan, akan terbentuk garis horizontal yang menunjukkan konsentrasi tetap (tidak mengalami perubahan pada selang waktu tertentu). Persamaan orde nol dapat ditulis:

$$-\frac{dc}{dt} = k \quad (2.14)$$

Dimana:

$-\frac{dc}{dt}$ = laju perubahan konsentrasi reaktan terhadap waktu (mg/L-hari atau jam)

K = konstanta reaksi (mg/L-hari atau jam)



Gambar 2. 7 Laju Reaksi Orde Nol

2. Orde reaksi satu

Suatu reaksi dikatakan berorde satu terhadap salah satu pereaksinya jika laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi pereaksi tersebut. Hal ini berarti perubahan konsentrasi pereaksi 2 kali menyebabkan laju reaksi lebih cepat 2 kali. Jika dibuat grafik, maka akan terbentuk garis diagonal dengan kemiringan sebesar $(-k)$, dengan persamaan sebagai berikut:

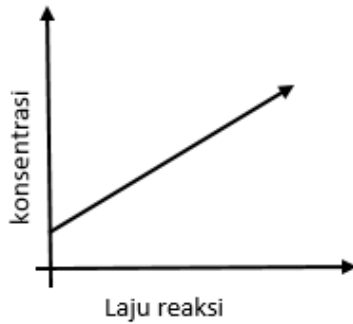
$$-\frac{dC}{dt} = k \cdot C^1 = -\frac{dC}{dt} = k \cdot C \quad (2.15)$$

Dimana:

$-\frac{dC}{dt}$ = laju perubahan konsentrasi reaktan terhadap waktu (mg/L-hari atau jam)

K = konstanta reaksi (mg/L-hari atau jam)

C = konsentrasi reaktan terhadap waktu (mg/L)



Gambar 2. 8 Laju Reaksi Orde Satu

3. Orde reaksi dua

Suatu reaksi berorde dua terhadap salah satu pereaksi apabila laju reaksi merupakan pangkat dua dari konsentrasi pereaksi tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa laju perubahan konsentrasi pereaksi 2 kali menyebabkan laju reaksi lebih cepat 4 kali, dan seterusnya. Orde reaksi tingkat dua biasanya digunakan untuk reaksi senyawa ionik. Persamaan orde dua dapat ditulis sebagai berikut:

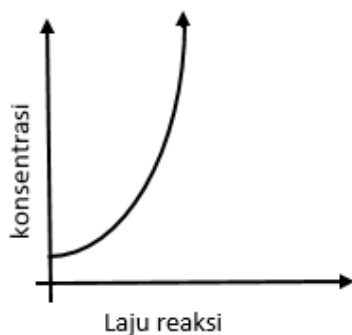
$$-\frac{dC}{dt} = k \cdot C^2 \quad (2.16)$$

Dimana:

$-\frac{dC}{dt}$ = laju perubahan konsentrasi reaktan terhadap waktu (mg/L-hari atau jam)

K = konstanta reaksi (mg/L-hari atau jam)

C = konsentrasi reaktan terhadap waktu (mg/L)



Gambar 2. 9 Laju Reaksi Orde dua

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu berfungsi sebagai referensi dalam mempermudah pelaksanaan penelitian ini. Penelitian terdahulu bisa dijadikan pedoman atau sebagai pembandingan dalam pelaksanaan penelitian berikutnya. Berbagai penelitian terdahulu terkait dengan penggunaan hidrogen peroksida (H_2O_2) dan KMnO_4 sebagai oksidator dalam berbagai jenis air limbah dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 2 Hasil Penelitian Terdahulu

NO.	Sumber	Hasil Penelitian
1	Elfiana, 2013	Pengolahan hidrogen peroksida dengan penerapan teknologi AOPs fenton. Presentase removal COD limbah domestik diperoleh pada konsentrasi H_2O_2 15,6 mM (5,4 mL) sebesar 42,3% selama waktu pengolahan 1120 menit. Presentase penurunan konsentrasi COD terbesar diperoleh pada perbandingan Fe^{2+} : H_2O_2 = 1:5 yaitu 78,8% selama waktu pengolahan 240 menit

2	Nugroho Ikbai, 2005 dan	<p>Penggunaan ozon pada proses AOPs dapat mereduksi warna hingga 50% hanya dengan waktu 15 menit, dan warna pada air limbah hampir hilang setelah proses ozonasi selama 45 menit. Penambahan H_2O_2 0,25 mL untuk setiap 1 L air limbah dapat mempercepat reaksi AOPs untuk menghilangkan warna. Penurunan warna berlangsung sangat cepat yaitu sebesar 73% pada 15 menit pertama. Pada suhu 70°C efisiensi pengurangan warna sebesar 98% selama 60 menit waktu pengolahan. Air limbah mengalami degradasi warna paling cepat pada kondisi pH 12 yaitu sekitar 97% dalam waktu 15 menit. Penurunan COD diperoleh sebesar 54% pada pH 12 dan 36% pada pH 4</p>
3	Patel dan Shah, 2013	<p>Penurunan konsentrasi COD dan BOD optimum dicapai dengan rasio $\text{Fe}^{2+} : \text{H}_2\text{O}_2 = 1:10$. Dosis optimum dalam penelitian ini diperoleh sebesar 4 mg $\text{FeSO}_4 + 35$ mL H_2O_2 pada pH 3 dengan pengurangan COD 74,24% (dari 6200 mg/L menjadi 1545 mg/L) dan BOD 72,41% (dari 2066 mg/L menjadi 570 mg/L).</p>
4	Muntasir, dkk., 2009	<p>Studi optimasi telah dilakukan menggunakan hidrogen peroksida untuk pengurangan tingkat sianida dalam air limbah. Parameter yang diteliti adalah konsentrasi optimum hidrogen peroksida. pH optimum dan waktu kontak optimum antara hidrogen peroksida dengan air limbah dalam mengurangi kadar</p>

		<p>sianida. Sianida yang diperoleh dari uap destilasi limbah cair dan uji menggunakan 0,02 N perak nitrat. Konsentrasi yang digunakan adalah 500 ppm, 400 ppm, 300 ppm, 200 ppm, dan 100 ppm. Kisaran pH (7,8,9 10, dan 11) dan variasi waktu kontak adalah 0, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Hasil penelitian mengungkapkan pada pengobatan dini konten sianida adalah 50,22% b / b dan underwent penurunan tingkat setelah penambahan berbagai konsentrasi H₂O₂. kondisi optimum perawatan di 500 ppm dari H₂O₂ kebiasaan pada pH 8 dan waktu kontak untuk hasil 60 menit.</p>
5	Agustina dan Amir, 2012	<p>Pada penelitian ini, digunakan pewarna sintesis procion merah dan procion biru dengan konsentrasi 150 – 250 mg/L, kecepatan pengadukan 200 rpm, reagen Fenton dengan konsentrasi H₂O₂ 80 mM dan FeSO₄.7H₂O 4 mM, pH 3, waktu pengadukan 0 – 60 menit, dan temperatur 25 – 55 °C. Hasil yang didapatkan untuk mencapai degradasi warna 100% adalah pada temperatur 55 oC dan waktu pengadukan 60 menit. Kondisi tersebut selanjutnya diaplikasikan pada limbah cair pewarna kain jumpitan, didapatkan degradasi warna 100 % dan penurunan COD sebesar 66 % yang dicapai dengan waktu pengadukan 120 menit.</p>
6	Rosalina, dkk., 2015	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat kimia salah satu alkaloid kina yaitu kinin terhadap</p>

		<p>oksidator KMnO_4. Kondisi oksidasi dengan oksidator kalium permanganat (KMnO_4) dilakukan dalam suasana asam. Pemisahan dan pemurnian produk hasil reaksi dilakukan dengan metode kromatografi radial menggunakan eluen campuran kloroform : metanol : trietilamin (9:1:0,1). Produk murni yang telah dikarakterisasi dengan data spektroskopi inframerah, NMR, dan spektrometri massa adalah kinin-1-N-oksida dan kininal.</p>
7	Fauzi, 2003	<p>Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode titrasi dan metode spektrofotometer dalam beberapa temperatur yang berbeda dan katalis menambahkan. suhu yang dibutuhkan dalam metode standar 100°C sedangkan penelitian ini menggunakan 110°C, 120°C, 130°C, 140°C dan 150°C dalam 10 menit. katalis yang digunakan adalah sulfat perak (Ag_2SO_4) sama dengan menganalisis konten organik menggunakan kalium dikromat oksidator. Penelitian ini menunjukkan bahwa oksidator permanganat hanya bisa mengoksidasi 70,12% dari kandungan organik. Penelitian ini menunjukkan bahwa oksidator permanganat hanya bisa mengoksidasi 70,12% dari kandungan organik. setelah memodifikasi dalam suhu 140°C dan menggunakan katalis, itu bisa meningkatkan mengoksidasi persen pada 99,82% dalam metode spektrofotometer dan 95,82% dalam</p>

		metode titrasi. pengujian pada modication dilakukan pada tiga sampel air limbah dari sumber limbah yang bervariasi
--	--	--

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Kerangka Penelitian

Metode penelitian ini dibuat dalam bentuk kerangka yang hendaknya dapat memudahkan dalam pengerjaan. Kerangka penelitian dibuat untuk dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian sehingga diharapkan akan mendapatkan hasil penelitian yang dapat dipertanggungjawabkan. Selain itu kerangka penelitian berfungsi agar dapat memudahkan pembaca dalam memahami penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini sendiri adalah menganalisis kandungan deterjen dari Kota Surabaya khususnya yang terdapat pada Kalidami, menganalisis keunggulan masing-masing oksidator yaitu KMnO_4 dan H_2O_2 dalam menurunkan kandungan senyawa organik dan deterjen pada Kalidami Kota Surabaya, dan menganalisis laju reaksi masing-masing oksidator melalui kurva perubahan konsentrasi dan waktu. Diharapkan melalui penelitian didapatkan manfaat yang besar bagi pembaca. Kerangka penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:

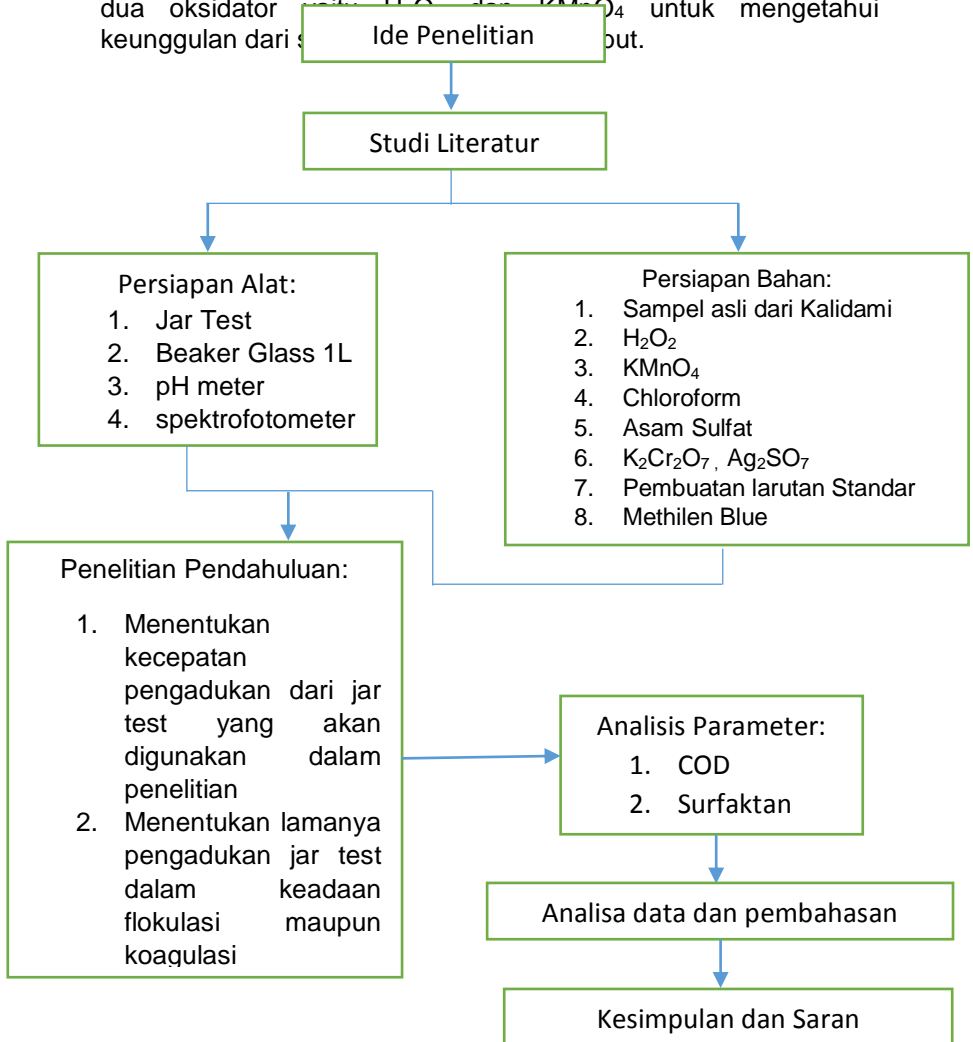
3.2. Rangkaian Kegiatan Penelitian

Rangkaian kegiatan penelitian terdiri dari penjelasan tahapan-tahapan kegiatan yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian ini. Rangkaian kegiatan penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Ide Penelitian

Ide penelitian didapatkan dari banyaknya masalah yang terjadi di rumah pompa khususnya rumah pompa yang ada di Kota Surabaya. Pada rumah pompa terdapat kasus yang menyebutkan bahwa saat rumah pompa beroperasi, outlet dari pompa yang mengalami pengadukan menyebabkan banyaknya busa yang ditimbulkan akibat endapan deterjen yang terdapat pada air limbah. Dengan demikian penelitian dilakukan untuk mengurangi senyawa organik dan deterjen yang terdapat pada

Rumah Pompa, khususnya pada kasus ini digunakan Rumah Pompa Boezem Kalidami, Kota Surabaya dengan menggunakan dua oksidator yaitu H_2O_2 dan $KMnO_4$ untuk mengetahui keunggulan dari s...



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

2. Studi Literatur

Tujuan dari studi literatur ini adalah untuk mendapatkan teori mengenai topik penelitian terkait sehingga dapat menjadi acuan dalam tugas akhir ini. Sumber literatur diperoleh dari buku, jurnal penelitian, artikel, peraturan dan laporan tugas akhir. Literatur pendukung yang menunjang perencanaan meliputi:

- Pencemaran air oleh deterjen
- Karakteristik surfaktan
- Kandungan bahan organik
- Rumah Pompa
- Hidrogen peroksida
- KMO_4
- Kinetika Reaksi

3. Penelitian Pendahuluan

Pada Penelitian pendahuluan dilakukan penelitian dengan sampel air baku untuk menentukan rentang kecepatan dari Jar Test yang akan digunakan. Pada penelitian pendahuluan ini, kecepatan dilakukan dari rentang yang besar 10-100 rpm lalu setelah diketahui optimum dipersempit hingga didapatkan kecepatan pengadukan paling optimum. Begitu pula dengan penelitian pendahuluan terhadap lamanya pengadukan.

Penelitian yang selanjutnya adalah penelitian penentuan kandungan dasar deterjen yang terkandung dalam sampel asli. Penentuan kandungan dasar berupa LAS atau pun ABS. Berdasarkan penelitian pendahuluan tersebut lalu akan dapat ditentukan pembuatan kurva kalibrasi berdasarkan LAS atau ABS. Untuk mendapat data tersebut diperlukan pembuatan larutan standar dari masing-masing kandungan.

4. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dan dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Jurusan

Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya. Limbah berasal dari inlet Rumah Pompa Boezem Kalidami. Sampel yang digunakan adalah sampel asli yang kemudian dilakukan analisis parameter COD dan kandungan surfaktan. Metode yang digunakan adalah pengadukan cepat dengan prinsip jar test. Pada analisis ini dilakukan analisis COD dan perhitungan analisis MBAS.

5. Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Jar test, yang digunakan sebagai media pengadukan yang merepresentasikan pengadukan yang terjadi pada pompa yang ada pada rumah pompa. Spektrofotometer, digunakan sebagai acuan dalam menentukan kadar surfaktan yang terdapat dalam sampel yang akan diujikan.

b. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sampel asli dari inlet Rumah Pompa Boezem Kalidami
2. Hidrogen peroksida sebagai oksidator kuat yang akan dicampurkan kedalam sampel dengan konsentrasi berbeda-beda.
3. KMO_4 oksidator kuat yang akan dicampurkan kedalam sampel dengan konsentrasi berbeda-beda.
4. Indikator PP
5. NaOH
6. H_2SO_4
7. Methylene Blue
8. Chloroform
9. Larutan Pencuci
10. Aquades

c. Pembuatan Larutan standar ABS

6. Analisa Parameter

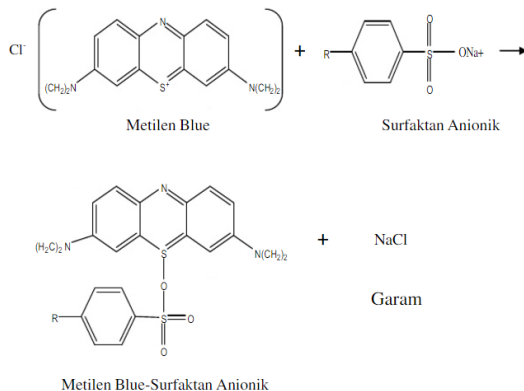
a. Analisa Surfaktan

Analisa konsentrasi surfaktan dilakukan berdasarkan pada standar metode analisa yang mengacu pada buku *Standart Method for The Eximination of Water and Wastewater*. Pengaruh deterjen terhadap lingkungan dapat diketahui dengan

menganalisis kadar surfaktan anion atau deterjen pada sampel beberapa limbah dengan metode MBAS (Methylen Blue Active Surfactant). Methylen Blue (Metilen Biru) merupakan pewarna thiazine yang kerap digunakan sebagai bakterisida dan fungisida pada akuarium yakni mereaksikan/ menambahkan zat metilen biru yang akan berikatan dengan surfaktan sehingga dihasilkan garam yang berwarna biru. Inti dari metode MBAS ada 3 secara berurutan yaitu:

1. Ekstraksi metilen biru dengan surfaktan anion dari media larutan air kedalam kloroform (CHCl_3) dimana metilen biru dengan surfaktan anion tidak larut dalam kloroform, tetapi larut dalam air, sedangkan garamnya yang berwarna biru data diekstraksi dengan kloroform. Berikut **Gambar 3.2** reaksi antara metilen blue dengan surfaktan anionik:
2. Terpisahnya antara fase air dan organik
3. Pengukuran absorbansi pada warna biru dalam CHCl_3 dengan menggunakan alat spektrofotometri pada panjang gelombang 652 nm.

Analisa parameter ini dimaksudkan untuk mendapatkan data konsentrasi surfaktan, selama proses berlangsung dan setelah proses, sehingga dapat diketahui efisiensi dari proses oksidasi sesuai dengan variasi yang dilakukan.



Gambar 3. 2 Reaksi antara Metilen Blue dan Surfaktan Anionik

Analisa konsentrasi surfaktan menggunakan metode *Methylen Blue Active Substance (MBAS)*. Metode ini didasarkan pada pembentukan senyawa garam yang berwarna biru, apabila surfaktan anionik termasuk LAS, alkil sulfat dan alkil politoksil sulfat bereaksi dengan bieu methilen. Garam tersebut larut dalam Chloroform dan intensitas warnanya setara dengan panjang gelombang 652 nm.

Analisa COD

COD diukur dengan menggunakan metode titrasi menurut SNI 06-2504-1991

7. Variasi yang dilakukan

Variasi yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.1** dibawah ini:

Tabel 3. 1 Variasi Penelitian yang dilakukan

Variasi dosis didapatkan dari hasil penelitian pendahuluan terhadap 1 L air limbah dan penambahan H_2O_2 .

DOSIS H_2O_2	pH		
	3	7	9
0,1 mL	P1	P2	P3
0,2 mL	P4	P5	P6
0,3 mL	P7	P8	P9

Sedangkan variasi dosis dari KMnO_4 juga didapatkan dari hasil penelitian pendahuluan terhadap 1L air limbah.

DOSIS KMnO_4	pH		
	3	7	9
0,6 mL	Q1	Q2	Q3
0,65 mL	Q4	Q5	Q6

0,7 mL	Q7	Q8	Q9
--------	----	----	----

8. Analisa Data dan Pembahasan

Setelah dilakukan analisa parameter diperoleh data-data yang kemudian disajikan dalam bentuk data yang mudah dipahami. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan software aplikasi Microsoft Excel untuk ditampilkan dalam bentuk tabulasi dan grafik sehingga dapat diketahui pengaruh-pengaruh variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian ini.

Pada bab 4 analisa dan pembahasan berikut sub-bab dari penelitian berikut yang akan dibahas:

4.1 Penelitian pendahuluan

4.1.1 Uji Karakteristik Air Limbah

4.1.2 Penentuan Dosis Penambahan

4.1.3 Penentuan Kecepatan Pengolahan

4.1.4 Penentuan Waktu Pengolahan

4.2 Penelitian Utama

4.2.1 Penurunan yang terjadi saat penambahan Oksidator H_2O_2

4.2.2 Penurunan yang terjadi saat penambahan Oksidator $KMnO_4$

4.3 Kinetika Reaksi

4.3.1. Perhitungan Orde Reaksi secara grafik

4.3.2. Identifikasi laju reaksi penyisihan COD

4.3.3. Identifikasi laju reaksi penyisihan LAS

4.4 Aplikasi pada lapangan

9. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan hasil akhir dari analisa data yang telah dilakukan terhadap penelitian. Kesimpulan diuraikan berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Beberapa gap yang belum terpenuhi dalam penelitian ini kemudian akan dijadikan saran untuk penelitian selanjutnya. Penarikan kesimpulan dari penelitian ini didasarkan pada kriteria optimum yang telah dijelaskan pada tinjauan pustaka.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan

4.1.1 Karakteristik Air Limbah

Air limbah domestik yang digunakan pada penelitian ini diambil dari inlet pada Rumah Pompa Boezem Kalidami, Surabaya Jawa Timur. Analisis yang dilakukan pada air limbah ini diantaranya adalah pengukuran nilai COD, kandungan surfaktan anionik meliputi nilai LAS dan ABS, serta pH. Analisis dilakukan pada pagi hari pada saat keadaan tidak hujan pada satu hari sebelumnya dan pompa sedang dijalankan. Hasil analisis awal limbah dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4. 2 karakteristik Limbah Awal

day	pH	COD (mg/L)	LAS (mg/L)	ABS (mg/L)
1	7,44	160	9,85	34,25
2	7,62	164	5,95	19,54
3	7,58	160	12,42	34,75

Tabel diatas merupakan nilai dari pengamatan dalam 3 kali pengambilan sampel untuk masing-masing parameter. pH dari saluran Kalidami beradda dalam keadaan netral. Pada parameter COD didapatkan dalam tiga kali penelitian nilai rata-rata sebesar 161,33 mg/L sedangkan nilai pada rata-rata untuk LAS dan ABS adalah sebesar 9,41 mg/L dan 29,51 mg/L. Baku mutu yang digunakan pada penelitian ini yaitu Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lampiran I Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air, Kelas III) masing-masing

penggunaan pada parameter COD sebesar 50 mg/L dan Deterjen sebagai MBAS sebesar 200 mikrogram/Liter.

Tabel 4. 3 Karakteristik Limbah Rata-Rata

Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu	Keterangan
pH	-	7,43	6-9	Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lampiran I Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air. Kelas III)
COD	mg/L	161,33	50	
Deterjen sebagai MBAS	mg/L	9,41 (LAS) 29,51 (ABS)	0,2	

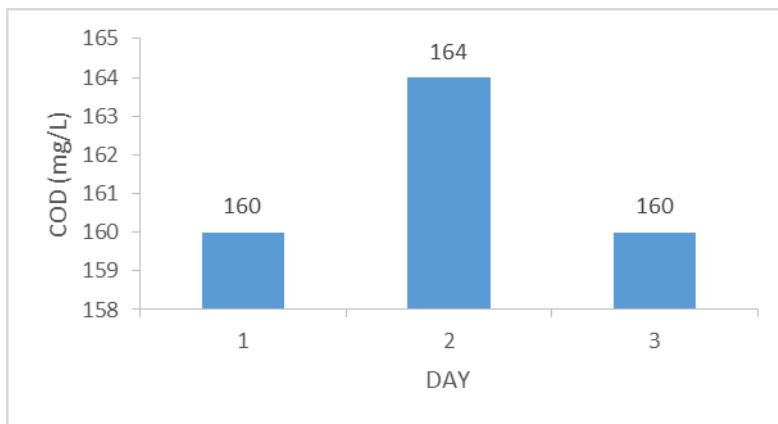
Berdasarkan data diatas didapatkan nilai COD dan deterjen yang melebihi baku mutu, sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lampiran I Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air, Kelas III) masing-masing penggunaan pada parameter COD sebesar 50 mg/L dan Deterjen sebagai MBAS sebesar 200 mikrogram/Liter. Dapat dilihat bahwa nilai dari kandungan COD dan deterjen berada diatas ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah Kota Surabaya. Sehingga dalam penelitian ini akan digunakan pengolahan kimiawi menggunakan oksidator kuat yaitu H_2O_2 dan $KMnO_4$ untuk mengetahui kemampuan masing-masing oksidator dalam menurunkan kandungan bahan organik dalam bentuk COD dan deterjen yang ada.

Dengan sifat hidrogen peroksida yang terurai menjadi air, menyebabkan penambahan hidrogen peroksida kedalam badan air tidaklah menimbulkan dampak yang besar (William, 2007).

H₂O₂ juga merupakan oksidan yang kuat dan dapat digunakan untuk menghasilkan radikal hidroksil (.OH) dengan reaktivitas kedua setelah fluorin. Hidrogen peroksida telah digunakan untuk mengoksidasi bahan organik dalam limbah domestik ataupun industri selama bertahun-tahun (Ksibi 2006).

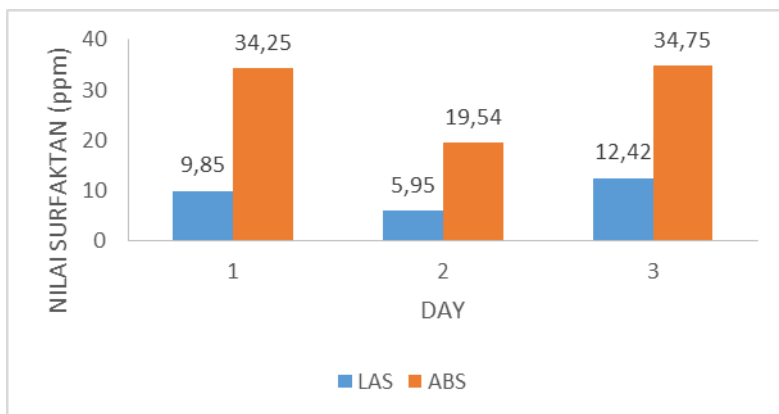
Sedangkan Kalium permanganat mampu mengoksidasi senyawa organik yang mengandung ikatan rangkap karbon-karbon, gugus aldehyd atau hidroksil. Kalium permanganat memberikan beberapa keuntungan seperti penanganan mudah, dan merupakan padatan mudah larut dan sangat efektif dalam pengolahan air dan air limbah (Xu et al., 2005).

Dalam pengamatan 3 hari selama berturut-turut nilai COD yang didapatkan adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Grafik COD dari Inlet Rumah Pompa Kalidami

Nilai COD pada pengambilan sampel selama tiga kali pada Saluran Kalidami, nilai COD melebihi pada ambang batas yang ditentukan oleh Pemerintah Kota Surabaya. Nilai COD merupakan merupakan nilai oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik. Sehingga dapat dilihat dari data yang ada bahwa saluran Kalidami pada saat musim kemarau menampung banyak limbah yang mengandung senyawa organik.

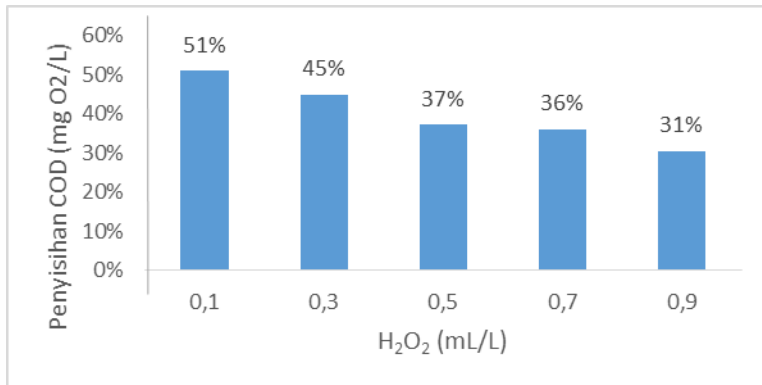


Gambar 4. 2 Grafik LAS dan ABS

Pengujian dari inlet rumah pompa Kalidami juga didapatkan bahwa nilai surfaktan yang cukup tinggi. Pada penelitian ini diteliti kandungan surfaktan anionik yaitu LAS dan ABS. Dari **Gambar 4.2.** dapat dilihat bahwa nilai kandungan ABS dari air sungai yang didapat ternyata cukup tinggi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa deterjen yang terkandung dalam Saluran Kalidami lebih banyak mengandung deterjen yang berbahan dasar ABS. ABS sendiri merupakan surfaktan anionik yang mempunyai rangkaian rantai bercabang yang sulit diuraikan.

4.1.2 Penentuan Dosis Penambahan

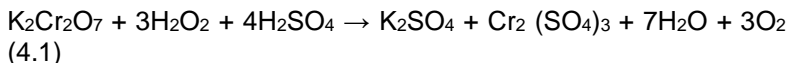
Dalam penelitian ini akan dilakukan penentuan dosis penambahan dari masing-masing reagen yaitu H_2O_2 dan $KMnO_4$. Dalam percobaan ini dilakukan dengan penambahan H_2O_2 sebanyak 0.1 mL, 0.3 mL, 0.5 mL, 0.7 mL dan 0.9 mL. Hidrogen peroksida yang digunakan dengan konsentrasi sebesar 50%. Dilakukan pengadukan menggunakan jartest dengan kecepatan 100rpm dan waktu pengadukan selama 5 menit sehingga didapatkan hasil pada **Gambar 4.3** sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Penentuan Penambahan H₂O₂

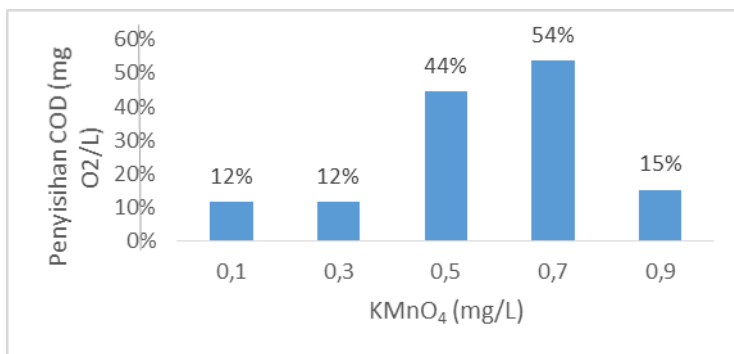
Pada **Gambar 4.3.** menunjukkan pengaruh penambahan H₂O₂ terhadap penyisihan COD. Semakin banyak penambahan H₂O₂ menyebabkan penurunan penyisihan COD. Pada **Gambar 4.3.** penambahan H₂O₂ sebanyak 0,1 mL/L menunjukkan penyisihan COD optimum, sedangkan pada penambahan selanjutnya sebesar 0,3 mL/L hingga 0,9 mL/L menghasilkan nilai penurunan efisiensi COD yang semakin menurun. Hal ini dikarenakan adanya senyawa organik ikatan rangkap yang tidak terurai secara sempurna menyebabkan terbaca sebagai nilai COD. Secara teori, penambahan H₂O₂ semakin banyak maka semakin besar penurunan COD. Namun, seperti yang dijelaskan menurut Talinli dan Anderson (1992), Dalam percobaan yang dilakukan pada berbagai sampel, dicatat bahwa sampel yang mengandung H₂O₂ memiliki nilai COD yang berbeda untuk berbagai konsentrasi walaupun sedikit mengandung zat organik. Selain itu, ditunjukkan pada sampel air limbah industri bahwa H₂O₂ meningkatkan nilai COD sampel air limbah atau mengganggu prosedur, dengan benar-benar menutupi titik akhir titrasi.

Persamaan ini menunjukkan Hidrogen peroksida yang dikonsumsi selama COD Analisis dengan reaksi oksidasi berikut dengan Kalium dikromat:



Dengan demikian nilai penyisihan COD yang semakin berkurang selain dikarenakan habisnya H_2O_2 dalam mengoksidasi bahan organik dapat juga dikarenakan hidrogen peroksida ikut terbaca sebagai kandungan bahan organik oleh Kalium dikromat. Sehingga nilai optimum dari penentuan dosis penambahan terdapat pada **Gambar 4.3** nilai dari penyisihan COD optimum sebesar 0.1 mL/L. Namun, terjadi mengalami penurunan semakin besarnya dosis penambahan.

Pada oksidator KMnO_4 penambahan dosis dilakukan sebesar 0.1 mg/L, 0.3 mg/L, 0.5 mg/L, 0.7 mg/L dan 0.9 mg/L. Dilakukan pengadukan dengan kecepatan sebesar 100rpm dengan waktu pengadukan selama 30 menit dan pengendapan selama 30 menit. Pada penelitian menggunakan KMnO_4 didapatkan setelah pengendapan terdapat endapan pada dasar larutan berwarna kecoklatan dan pada bagian atas berwarna bening. Pada penelitian ini dilakukan pengujian COD dengan menggunakan metode refluks tertutup menggunakan larutan pada bagian atas yang berwarna bening setelah pengendapan. Dan didapatkan nilai dari penambahan KMnO_4 dengan penyisihan COD terbesar yaitu 0,7 mg/L seperti pada **Gambar 4.4** berikut:

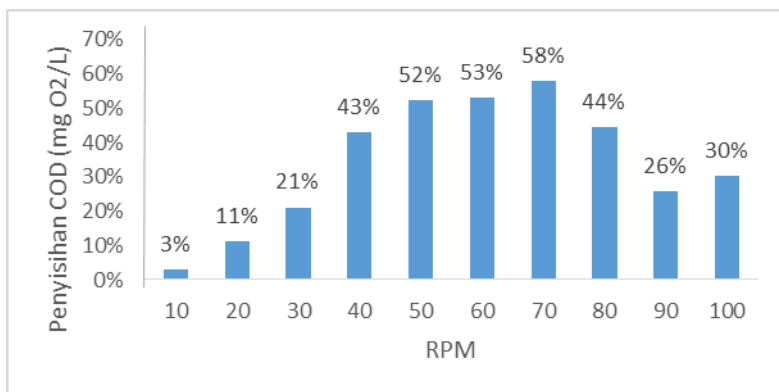


Gambar 4. 4 Penentuan Penambahan KMnO₄

Pada **Gambar 4.4.** menunjukkan nilai dari KMnO₄ yang ditambahkan meningkat pada 0,5 mg/L dan optimum pada 0.7 mg/L dengan penyisihan COD sebesar 54% kemudian kembali turun pada 0.9 mg/L. Hal ini disebabkan kandungan senyawa organik yang berada didalam air limbah telah terdegradasi optimum. Berdasarkan penelitian, nilai penyisihan COD meningkat namun pada titik tertentu senyawa organik yang didegradasi akan habis sehingga nilai penyisihan COD akan semakin turun. Sesuai dengan teori yang disampaikan oleh Hendratna (2011), peningkatan konsentrasi COD dapat disebabkan oleh tingginya kandungan KMnO₄ dalam memutus ikatan karbon-karbon berantai rangkap pada senyawa organik namun secara tidak menyeluruh yang kemudian terdegradasi dan terbaca kembali sebagai COD.

4.1.3 Penentuan Kecepatan Pengolahan

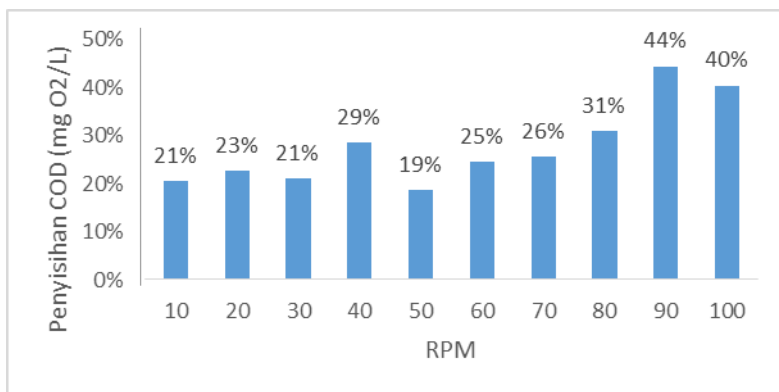
Pada penentuan kecepatan pengolahan untuk H₂O₂ dilakukan pengadukan sebanyak 10 kali dengan 10 kecepatan berbeda dimulai dengan 10 rpm, 20 rpm, 30 rpm, 40 rpm, 50rpm, 60rpm, 70 rpm, 80 rpm, 90 rpm dan 100 rpm dengan penambahan 0.1 mL H₂O₂ 50% selama 5 menit. Berikut data yang di dapatkan terdapat pada **Gambar 4.5** berikut:



Gambar 4. 5 Penentuan Kecepatan Pengolahan H_2O_2

Dari **Gambar 4.5.** diatas terlihat penyisihan COD terus meningkat pada rpm 10 hingga didapatkan nilai maksimum sebesar 58% pada 70 rpm. Selanjutnya penyisihan COD menurun pada kecepatan 80 rpm dan 90 rpm namun kembali naik pada 100rpm. Hal ini diakibatkan oleh tumbukan antara partikel yang menyebabkan terbentuknya larutan yang homogen. Namun, pada rpm yang tinggi menyebabkan partikel yang telah bereaksi kembali beraksi ke bentuk awal (terjadi reaksi bolak-balik). Uji coba kecepatan dilakukan pada rpm rendah karena dikhawatirkan pada rpm yang tinggi dapat menyebabkan terbentuknya busa. Tujuan dari pengadukan ini adalah menentukan kecepatan optimum agar limbah dan oksidator tercampur secara homogen.

Pada $KMnO_4$ juga dilakukan pengujian yang sama dengan variasi kecepatan 10 rpm hingga 100 rpm dengan penambahan $KMnO_4$ sebanyak 0,7 mL dengan pengadukan 30 menit dan pengendapan selama 30 menit. Dari penelitian didapatkan tabel Removal COD seperti pada **Gambar 4.6** berikut hingga didapatkan kecepatan optimum pada kecepatan 90rpm sebesar 44% penyisihan COD.

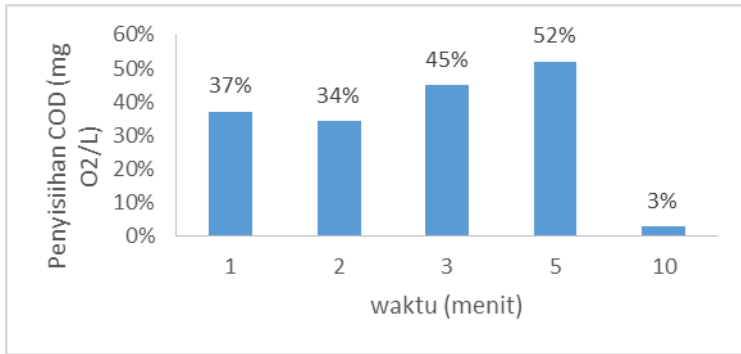


Gambar 4. 6 Penentuan Kecepatan Pengolahan KMnO_4

Pada **Gambar 4.6.** nilai penyisihan COD semakin meningkat pada rpm ke 40 lalu turun kembali hingga menghasilkan nilai optimum pada rpm ke 90. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh kecepatan pengadukan dapat meningkatkan tumbukan antar molekul-molekul sehingga dapat meningkatkan terjadinya proses kimia. Pada penelitian ini hanya dibatasi hingga rpm ke 100 dikarenakan menghindarinya terbentuk busa pada sampel limbah asli yang digunakan. Laju 90 rpm ini belum dapat dikatakan laju optimum karena penyisihan COD yang lebih besar masih mungkin diperoleh pada laju pengadukan yang lebih tinggi. Pengadukan menggunakan jartest berfungsi sebagai media pemerataan pada limbah dengan larutan oksidator yang ditambahkan.

4.1.4 Penentuan Waktu pengolahan

Penentuan waktu pengolahan ditentukan berdasarkan penurunan COD optimum seiring dengan lamanya waktu kontak. Pada penelitian H_2O_2 ini dilakukan pada penambahan 0,1 mL/L H_2O_2 50% dengan kecepatan sebesar 70 rpm. Pada penelitian ini dilakukan percobaan selama 1 menit, 2 menit, 3 menit, 5 menit hingga 10 menit. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa waktu kontak H_2O_2 terbilang cepat.

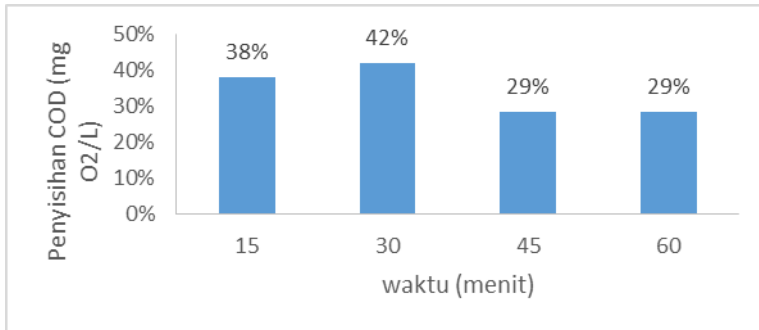


Gambar 4. 7 Penentuan Waktu Pengolahan

Pada penelitian didapatkan waktu kontak optimum pada menit ke 5 dengan penurunan efisiensi hingga 52% dan menurun secara drastis hingga menit ke 10 dengan penyisihan COD hanya 3%. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 4.7** diatas.

Hal ini diakibatkan pada fase pertama, terbentuknya hidroksil radikal dari reaksi antara H_2O_2 berlangsung sangat cepat yang selanjutnya reaksi reaksi pembentukan hidroksil radikal akan menurun seiring dengan berkurangnya H_2O_2 yang telah dikonsumsi. Dari analisis didapatkan removal tertinggi dari COD pada menit ke 5 sehingga pada penelitian utama ditentukan waktu pengadukan selama 5 menit.

Sementara itu pada penelitian $KMnO_4$, dilakukan pengadukan menggunakan jarrest dengan penambahan oksidator $KMnO_4$ sebesar 30 menit dengan pengendapan 30 menit dengan kecepatan pengadukan sebesar 90 rpm hingga didapatkan hasil pada **Gambar 4.8.** berikut



Gambar 4. 8 Penentuan Waktu Pengolahan KMnO_4

Hasil penelitian dapat dinyatakan waktu kontak optimum dari KMnO_4 terdapat pada **Gambar 4.8** berikut yaitu pada menit ke-30 dengan penyisihan COD sebesar 42%. Pada menit ke 15 penyisihan COD meningkat hingga menit ke 30 mencapai 42% namun kembali turun hingga menit ke 45 dan 60 sebesar 29%. Menurunnya penyisihan pada menit ke 45 hingga ke 60 diakibatkan partikel mangan oksida yang digunakan sebagai pengoksidasi senyawa organik telah habis bereaksi ataupun sudah habisnya senyawa organik yang hendak didegradasi oleh mangan oksida, sehingga nilai penyisihan COD berkurang.

4.2 Penelitian Utama

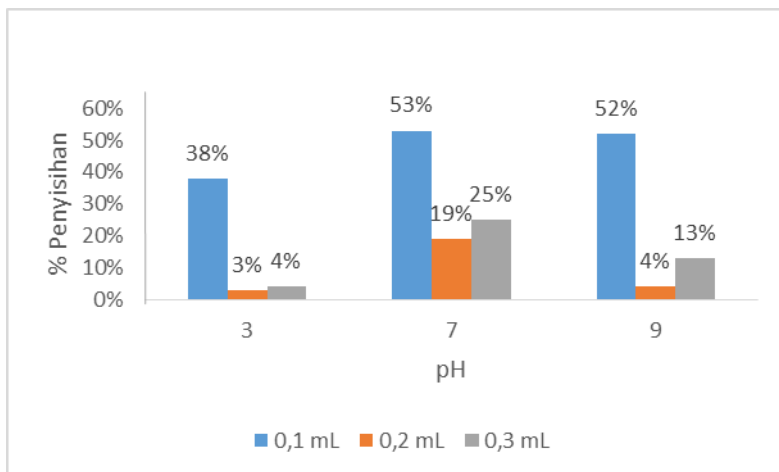
Pada penelitian ini efisiensi pengolahan limbah domestik dengan menggunakan oksidator H_2O_2 dan KMnO_4 dilakukan pada keadaan suhu yang berbeda. Pada keadaan asam, netral dan basa. Kemudian dilakukan penambahan dosis oksidator bervariasi masing-masing oksidator H_2O_2 dan KMnO_4 untuk menghasilkan efisiensi pengolahan yang maksimal.

4.2.1 Penurunan yang terjadi pada saat penambahan oksidator H_2O_2

a. Penurunan COD pada pH berbeda

Pada penelitian utama dilakukan pengkondisian limbah dalam kondisi pH berbeda dengan masing-masing variasi penambahan dosis H_2O_2 yang sama dengan kecepatan pengadukan sebesar 70 rpm dalam 5 menit. Untuk mengetahui

jumlah optimum H_2O_2 untuk COD removal, serangkaian percobaan telah dilakukan pada konsentrasi awal hidrogen peroksida yang berbeda. Dalam percobaan ini persentase pemindahan COD diukur selama periode reaksi 5 menit. Berikut hasil analisis penyisihan COD dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



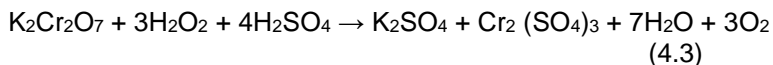
Gambar 4. 9 Grafik penambahan H_2O_2 terhadap Penyisihan COD dan pH

Pada saat percobaan pada masing-masing pada pH 7 dan 9 warna limbah setelah terjadi penambahan oksidator tetap berwarna bening sedangkan pada pH 3 (asam) warna limbah yang telah diberikan oksidator berwarna putih susu. Hal ini diperkirakan menyebabkan nilai COD pada pH asam lebih kecil dibandingkan yang terjadi pada pH netral ataupun basa. Menurut Abdullah (2012), penyisihan COD dalam keadaan optimum pada pH asam didukung pula dengan pernyataan Lim *et al.* (1997), dimana menyimpulkan penyisihan senyawa organik dalam air dipengaruhi oleh pH. pH yang dimaksudkan disini merupakan pH akhir setelah penambahan oksidator. Limbah yang dalam keadaan asam setelah penambahan oksidator akan semakin asam hingga penyisihan COD menjadi tidak optimum. Sedangkan limbah dalam keadaan netral setelah penambahan oksidator menyebabkan pH akhir menurun sehingga menyebabkan terjadi penyisihan COD optimum.

Dalam hal pengurangan tingkat kontaminasi, peningkatan dosis hidrogen peroksida dari 0,1 mL/L sampai 0,3 mL/L menurun pada saat penambahan dosis H₂O₂ di tiap-tiap pH yang dikondisikan. Jumlah H₂O₂ yang dibutuhkan akan lebih besar tergantung pada tingkat removal COD yang dibutuhkan. Dapat disimpulkan bahwa dosis 0,1 mL/L adalah dosis optimal untuk menghancurkan mayoritas produk. Namun demikian, nilai pereaksi ini melebihi 0,1 mL/L tidak memperbaiki kinerja proses.



Hidrogen peroksida dikonsumsi selama COD Analisis dengan reaksi oksidasi berikut dengan Kalium dikromat (Talinli dan Anderson, 1992):

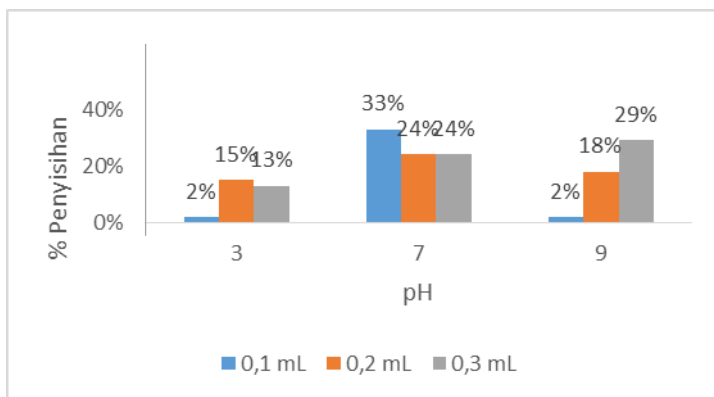


Dengan demikian nilai penyisihan COD yang semakin berkurang selain dikarenakan habisnya H₂O₂ dalam mengoksidasi bahan organik dapat juga dikarenakan hidrogen peroksida ikut terbaca sebagai kandungan bahan organik oleh Kalium dikromat. Sehingga nilai optimum dari penentuan dosis penambahan terdapat pada **Gambar 4.9** nilai dari penyisihan COD optimum sebesar 0.1 mL/L namun, terjadi mengalami penurunan semakin besarnya dosis penambahan.

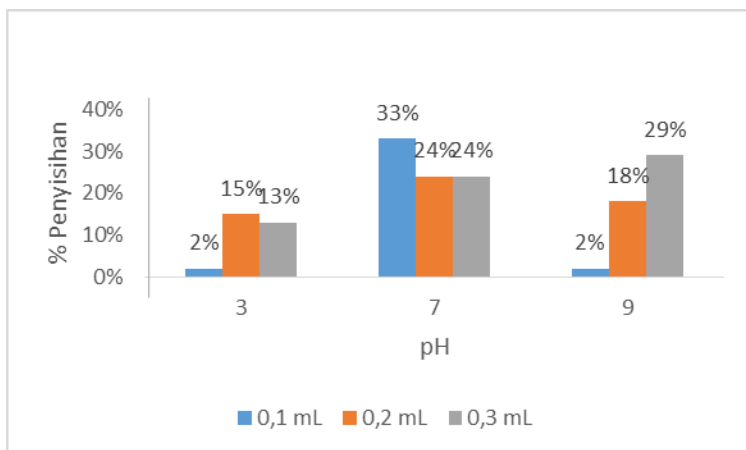
Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lampiran I Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air, Kelas III) baku mutu COD maksimal sebesar 50 mg/L. Dilihat dari persen penyisihan yang dapat dilakukan hidrogen peroksida sebesar 53%, jika nilai rata-rata COD yang berada disaluran kalidami sebesar 161,33 mg/L seperti yang tercantum pada **Tabel 4.2** maka hidrogen peroksida belum berhasil mengurangi kandungan bahan organik yang ada pada saluran Kalidami, Surabaya karena belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan pemerintah.

b. Penurunan surfaktan pada pH berbeda

Penelitian selanjutnya dilakukan analisis terhadap nilai surfaktan anionik dengan menggunakan metode MBAS pada saluran Kalidami yang masing-masing limbah telah dikondisikan sesuai pH 3, 7 dan 9. Lalu dilakukan pengadukan menggunakan jartest selama 5 menit dengan kecepatan 70rpm. Berikut hasil penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4.10.** dan **Gambar 4.11.**



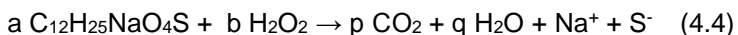
Gambar 4. 10 Grafik Penambahan H₂O₂ terhadap Penyisihan LAS dan pH



Gambar 4. 11 Penambahan H₂O₂ terhadap Penyisihan ABS dan pH

Pada Gambar 4.11 LAS maupun ABS nilai pH optimum pada percobaan didapatkan pada saat limbah mempunyai pH netral di saat awal. Seperti teori yang telah dijelaskan diatas, bahwa pH mempengaruhi penyisihan senyawa organik dalam air. Baik LAS maupun ABS merupakan senyawa deterjen anionik yang termasuk dalam senyawa organik. Sehingga menyebabkan pH asam akan semakin asam setelah terjadi penambahan H₂O₂ dan menyebabkan keadaan tidak optimum lagi. Dan dibuktikan melalui persamaan berikut, bahwa reaksi sempurna menghasilkan CO₂ dan H₂O pada saat netral.

Nilai deterjen yang diuji berupa surfaktan anionik yang merupakan LAS dan ABS. Menurut Elfina (2008), reaksi antara H₂O₂ dengan deterjen:



Pada reaksi diatas dapat terlihat bahwa pemecahan atom C dalam surfaktan akan teroksidasi dengan H₂O₂ sehingga menghasilkan CO₂ yang terlepas dan H₂O yang akan larut dalam air yang pada akhirnya akan menurunkan kadar surfaktan. Pada reaksi ini tidak terlihat endapan setelah pengadukan menggunakan jartest. Hal ini dikarenakan reaksi sempurna menghasilkan air, karbondioksida yang dilepaskan menjadi gas dan ion Na⁺ + S⁻ yang terlarut dalam air.

Berdasarkan hasil removal LAS dan ABS menggunakan hidrogen peroksida nilai terbesar yang dapat didegradasi hanya dapat mengoksidasi sebanyak 39% dan 33% dari rata-rata nilai LAS dan ABS berdasarkan **Tabel 4.2** sebesar 9,41 mg/L dan 29,51 mg/L sehingga hidrogen peroksida sendiri belum mampu mengurangi deterjen yang ada di saluran kalidami dan belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lampiran I Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air, Kelas III) Deterjen sebagai MBAS sebesar 200 mikrogram/Liter.

Berdasarkan rumus struktur kimianya, deterjen golongan sulfonat dibedakan menjadi dua jenis yaitu jenis rantai bercabang sebagai contoh alkil benzene sulfonat (ABS), dan jenis rantai lurus linear alkil sulfonat (LAS) (Grayson, 1983 dalam Sudiana, 2003).

Limbah deterjen yang kerap dibuang ke perairan dan tanpa pengolahan dengan baik akan berakibat terakumulasinya surfaktan pada badan perairan. Hal ini akan menimbulkan masalah pendangkalan perairan akibat dari menumpuknya sedimentasi di perairan dan terhambatnya transfer oksigen. Hal tersebut menyebabkan proses penguraian secara aerobik menjadi terganggu dan berdampak pada laju biodegradasi berjalan sangat lambat, selain itu kandungan oksigen terlarut dalam perairan tersebut akan menjadi rendah. Kandungan surfaktan dalam air limbah akan mempengaruhi nilai BOD dan COD dari limbah tersebut. Apabila kandungan surfaktan dalam air limbah tinggi maka nilai BOD dan COD pada limbah tersebut juga semakin tinggi karena senyawa organik yang terkandung dalam limbah tersebut juga tinggi.

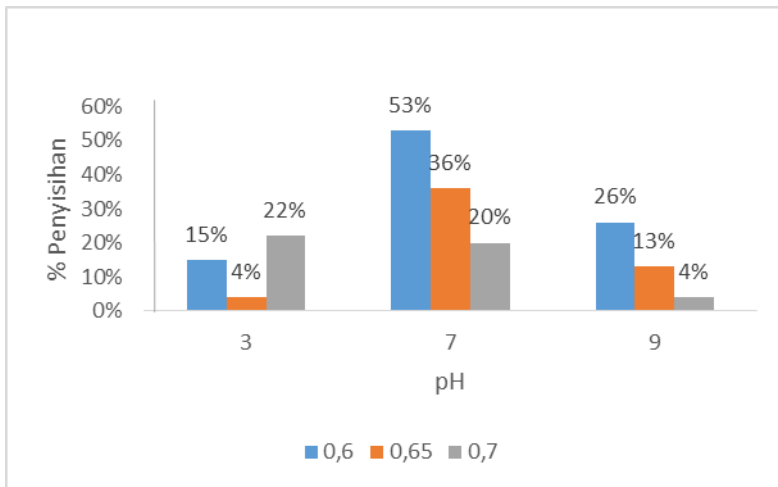
Pada Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, parameter deterjen disebutkan sebagai deterjen sebagai MBAS. MBAS sendiri merupakan salah satu cara menguji kadar deterjen khususnya surfaktan anionik sulfonat. Menurut SNI 06-6989.51-2005 tentang air limbah dan air- bagian 51: Cara uji kadar surfaktan anionik dengan spektrometer secara biru metilen, kadar yang diuji hanya berupa LAS. Sehingga nilai ABS tidak ada pengontrol, hal ini dapat mengakibatkan banyaknya kandungan ABS yang digunakan di pasaran. Sementara ABS sendiri merupakan surfaktan yang lebih berbahaya bagi lingkungan dibandingkan dengan LAS dikarenakan sifatnya yang lebih susah diuraikan karena mengandung ikatan C bercabang.

4.2.2 Penurunan yang terjadi pada saat penambahan oksidator KMnO_4

a. Penurunan COD pada pH berbeda

Pada penelitian menggunakan KMnO_4 sebelumnya dosis optimum didapatkan 0,7 mg/L sehingga dilakukan dalam rentang dosis 0,6 mg/L, 0,65mg/L dan 0,7mg/L. Pada penelitian ini limbah pada kondisi awal dikondisikan dalam variasi pH berbeda, masing-masing dengan pH 3, 7 dan 9. Penelitian dilakukan dengan pengadukan dengan kecepatan 90 rpm dan waktu pengadukan selama 30 menit, serta waktu pengendapan 30 menit. Hasil penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4.12.** berikut:

Pada pengamatan penelitian setelah pengadukan masing-masing gelas beaker berisi limbah pada pH netral dan basa menghasilkan endapan berwarna coklat, gelas beaker berisi limbah dalam keadaan asam setelah pengadukan berwarna keruh dan setelah pengendapan tidak dapat berubah bening dan endapan yang terlihat sedikit.



Gambar 4. 12 Grafik Penambahan KMnO_4 terhadap Penyisihan COD dan pH

Pada grafik penambahan KMnO_4 terlihat optimum pada pH netral sesuai dengan teori, KMnO_4 akan teroksidasi menjadi MnO_4^- yang masing-masing pada pH tertentu memiliki nilai E°

terbesar pada pH netral-asam. Reaksi MnO_4^- yang terurai pada masing-masing pH terdapat pada persamaan (2.5) hingga (2.7).

Kalium permanganat sangat reaktif dalam kondisi yang ditemukan di industri air. KMnO_4 akan mengoksidasi berbagai macam zat anorganik dan organik. Kalium permanganat (Mn^{7+}) dikurangi menjadi mangan dioksida (MnO_2) (Mn^{4+}) yang mengendap dari larutan (CRC 1990).

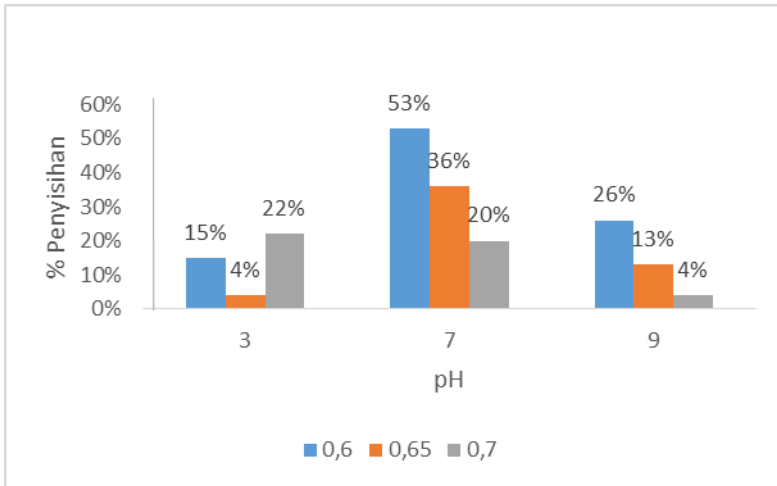
Pada grafik diatas didapatkan nilai penyisihan COD optimum terjadi pada saat pH netral dengan nilai penambahan oksidator sebesar 0,6 mg/L sebesar 53%. Berdasarkan penelitian, nilai COD meningkat namun pada titik tertentu senyawa organik yang didegradasi akan habis sehingga nilai COD akan semakin turun. Sesuai dengan teori yang disampaikan oleh Hendratna (2011), peningkatan konsentrasi COD dapat disebabkan oleh tingginya kandungan KMnO_4 dalam memutus ikatan karrbon-karbon berantai rangkap pada senyawa organik namun secara tidak menyeluruh yang kemudian terdegradasi dan terbaca kembali sebagai COD.

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lampiran I Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air, Kelas III) baku mutu COD maksimal sebesar 50 mg/L. Dilihat dari persen penyisihan yang dapat dilakukan hidrogen peroksida sebesar 58%, jika nilai rata-rata COD yang berada disaluran kalidami sebesar 161,33 mg/L seperti yang tercantum pada **Tabel 4.2** maka Kalium Permanganat belum berhasil mengurangi kandungan bahan organik yang ada pada saluran Kalidami, Surabaya karena belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan pemerintah.

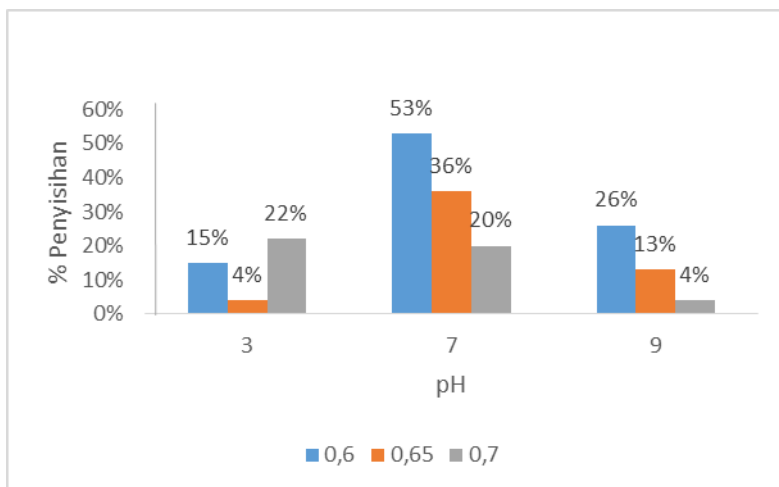
b. Penurunan surfaktan pada pH berbeda

Selanjutnya penelitian dilakukan dengan menganalisis kandungan dari deterjen yang dioksidasi menggunakan oksidator KMnO_4 pada pH berbeda-beda sebesar 3, 7 dan 9. Analisis ini menggunakan metode MBAS untuk melihat penyisihan dari surfaktan anionik yaitu LAS dan ABS. Limbah dengan

pengkondisian pH yang berbeda-beda diperlakukan sama dengan penambahan KMnO_4 sebanyak 0,6 mg/L , 0.65 mg/L dan 0.7 mg/L dengan pengadukan menggunakan jartest dengan kecepatan 90 rpm dan dilakukan selama 30 menit dan pengendapan 30 menit. Hasil dari penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4.13** dan **Gambar 4.14** berikut:



Gambar 4. 13 Grafik penambahan KMnO_4 terhadap penyisihan LAS dan pH



Gambar 4. 14 Grafik penambahan KMnO₄ terhadap penyisihan ABS dan pH

Dari hasil analisis dengan metode MBAS didapatkan nilai penyisihan LAS optimum pada penambahan 0,6 mg/L dengan penyisihan sebesar 53% dan penyisihan ABS optimum dengan penyisihan sebesar 45% dalam keadaan netral. Hal ini sesuai dengan teori sebelumnya bahwa pada pH netral asam memiliki nilai E^0 terbesar sehingga penyisihan senyawa organik menjadi lebih optimum, dengan menurunnya senyawa organik ini sekaligus dapat menurunkan surfaktan yang terdapat dalam limbah tersebut.

Berdasarkan hasil removal LAS dan ABS menggunakan Kalium Permanganat, nilai terbesar yang dapat didegradasi hanya dapat mengoksidasi sebanyak 53% dan 45% dari rata-rata nilai LAS dan ABS berdasarkan **Tabel 4.2** sebesar 9,41 mg/L dan 29,51 mg/L sehingga Kalium Permanganat sendiri belum mampu mengurangi deterjen yang ada di saluran kalidami dan belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lampiran I Kriteria Mutu

Air Berdasarkan Kelas Air, Kelas III) penggunaan pada parameter Deterjen sebagai MBAS sebesar 200 mikrogram/Liter.

4.3 Kinetika Reaksi

4.3.1 Perhitungan Orde Reaksi Secara Grafik

Penjabaran integrasi persamaan laju reaksi adalah sebagai berikut:

$$r = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} = \dots = \frac{1}{e} \frac{d[E]}{dt} = \frac{1}{f} \frac{d[F]}{dt} = \dots$$

Persamaan diintegrasikan untuk mencari nilai [A] sebagai fungsi waktu atau $[A] = g(t)$ yang dengan asumsi reaksi selalu berlangsung pada temperatur konstan (T konstan maka nilai K akan selalu konstan), volume konstan, dan reaksi berlangsung secara ireversibel.

d. Reaksi Orde Nol

Untuk reaksi orde satu $aA \longrightarrow P$ didefinisikan $k_A = k$

$$-dA/dt = -kA$$

$$d[A] = -kA dt$$

Hasil integrasi dengan batas 0 $\longrightarrow t$ dan $[A]_0 \longrightarrow [A]_t$

$$[A]_t - [A]_0 = -kA dt$$

e. Reaksi Orde Satu

Untuk reaksi orde satu $aA \longrightarrow P$ dengan $r = k[A]$

Didefinisikan :

$$d[A]/dt = -k[A]$$

$$d[A]/[A] = -k dt$$

$$\int_1^2 \frac{d[A]}{[A]} = -\int k dt$$

$$\ln([A]_2/[A]_1) = -k(t_2 - t_1)$$

Jika $[A]_1 = [A]_0$ pada $t_1=0$ dan $[A]_2=[A]$ pada $t_2=t$

maka persamaan ini dapat diselesaikan dan diperoleh :

$$\ln[A]/[A]_0 = -kt \quad (4.1)$$

atau dapat dianggap persamaan garis lurus :

$$Y = mx + c$$

Berdasarkan data yang ada dengan menggunakan grafik hubungan $\ln[A]/[A]_0$ terhadap waktu maka dapat diketahui signifikansinya (R^2) terhadap persamaan linier. Konsentrasi A dan laju reaksi untuk reaksi orde satu akan menurun secara eksponensial seiring dengan waktu.

f. Reaksi Orde Dua

Untuk persamaan orde dua $A + B \longrightarrow \text{Produk}$; $d[A]/dt = -k[A][B]$

	A	+	B	\longrightarrow	Produk
t= 0	$[A]_0$		$[B]_0$		0
t= t	$[A]_0 - x$		$[B]_0 - x$		x

$$d[A]/dt = -k[A][B] = -k([A]_0 - x)([B]_0 - x) \quad ; \quad d[A]/dt = -dx/dt$$

$$dx/dt = k([A]_0 - x)([B]_0 - x) \quad ; \quad x = 0 \text{ untuk } t=0$$

$$\frac{dx}{([A]_0 - x)([B]_0 - x)} = kdt$$

$$\int_0^x \frac{dx}{([A]_0 - x)([B]_0 - x)} = kdt$$

Jika $[A]_0=[B]_0$

$$\int_0^x \frac{dx}{([A]_0 - x)([B]_0 - x)} = \int_0^x \frac{dx}{([A]_0 - x)^2} = \int_0^t kdt = kt$$

$$\int_0^x \frac{dx}{([A]_0 - x)^2} = \frac{1}{[A]_0 - x} - \frac{1}{[A]_0} = kt$$

$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt \quad (4.2)$$

Dengan persamaan tersebut dan dengan berdasarkan data yang ada dengan menggunakan grafik hubungan $\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt$ terhadap waktu maka dapat diketahui signifikansinya (R^2) terhadap persamaan linier.

Selanjutnya melakukan validasi dalam metode grafik dengan memilih grafik yang memiliki laju reaksi kinetiknya adalah mendekati atau sama dengan satu ($r=1$). Nilai k didapatkan sebagai nilai slope dari data percobaan jika diplotkan $[A]$ vs waktu sebagai orde nol, $\ln[A]/[A]_0$ terhadap waktu untuk orde satu dan $\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt$ sebagai orde dua. Dari ketiga nilai k tersebut penentuan orde reaksi ditunjukkan oleh persamaan yang mendekati linier (nilai R^2 mendekati 1). Berikut grafik masing-masing persamaan untuk masing-masing oksidator yang digunakan pada penelitian ini, yaitu H_2O_2 dan $KMnO_4$:

4.3.2 Identifikasi Laju Reaksi Penyisihan COD

1. Penyisihan Laju Reaksi menggunakan Oksidator H_2O_2

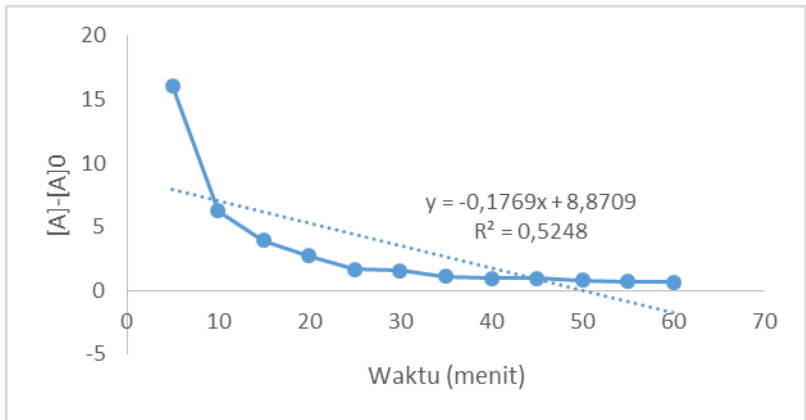
Penyisihan laju reaksi menggunakan oksidator H_2O_2 dilakukan menggunakan jarrest dengan kecepatan pengadukan sebesar 70 rpm dengan dosis optimum sebanyak 0,1 mg/L. Berikut nilai kecepatan penyisihan dapat dilihat pada **Tabel 4.3**. Besarnya kecepatan penyisihan menyatakan kemampuan H_2O_2 mengoksidasi senyawa organik tiap 5 menit analisa. Namun, kecepatan rata-rata oksidator dapat dilihat melalui laju reaksi.

Tabel 4. 4 Kecepatan Penyisihan COD dengan oksidator H_2O_2

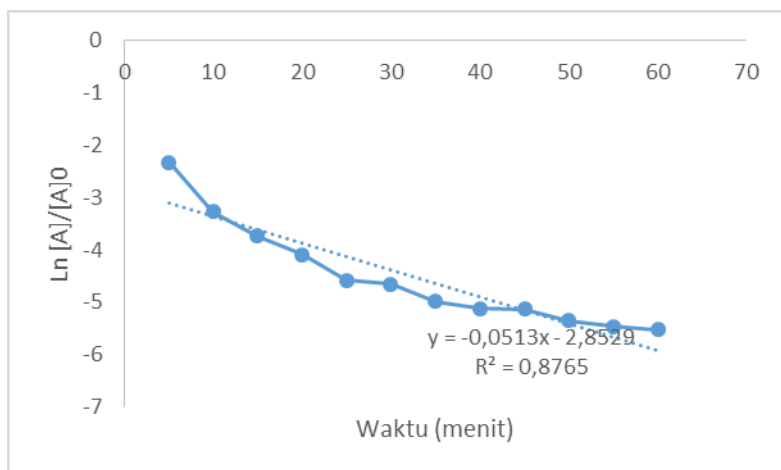
waktu (menit)	kec. penyisihan (mg/L/menit)
5	16,06

10	6,272
15	3,917
20	2,744
25	1,686
30	1,568
35	1,120
40	0,980
45	0,977
50	0,784
55	0,698
60	0,653

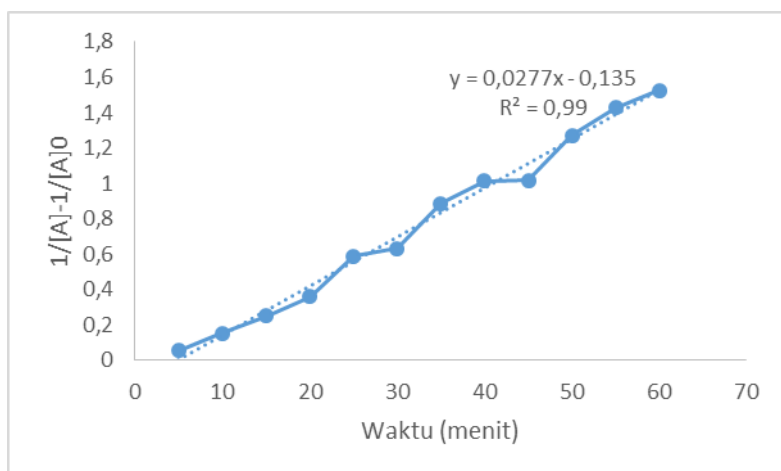
Berdasarkan grafik diatas didapatkan grafik untuk masing-masing orde nol, satu, dan dua seperti pada **Gambar 4.12**, **Gambar 4.13** dan **Gambar 4.14** berikut:



Gambar 4. 15 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Nol COD dengan H2O2



Gambar 4. 16 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Satu COD dengan H2O2



Gambar 4. 17 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Dua COD dengan H2O2

Pada Gambar 4.12, Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 masing-masing menunjukkan persamaan linier dari laju reaksi orde nol, satu dan dua. Dari gambar grafik dapat dilihat bahwa nilai regresi

yang mendekati nilai satu adalah pada persamaan linier orde dua sebesar 0,99. Dari persamaan linier orde dua, didapatkan nilai $k = 0,0277 \text{ mol/s}$, sehingga persamaan laju reaksi pada penyisihan COD dengan menggunakan oksidator H_2O_2 adalah:

$$r = -0,0277 [A]^2$$

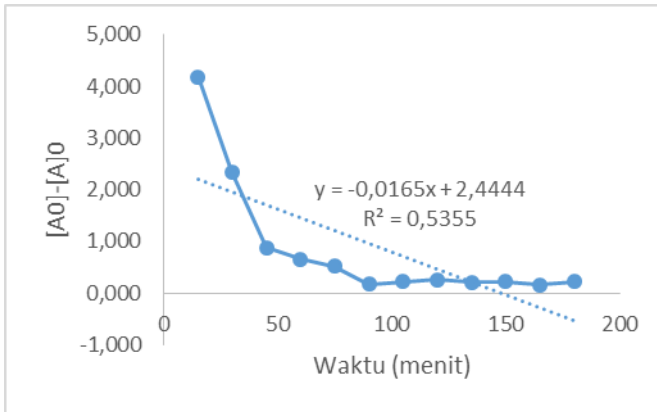
2. Penyisihan Laju Reaksi menggunakan Oksidator KMnO_4

Penyisihan laju reaksi menggunakan oksidator KMnO_4 dilakukan menggunakan jarrest dengan kecepatan pengadukan sebesar 90 rpm dengan dosis optimum sebanyak 0,65 mg/L. Berikut nilai kecepatan penyisihan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**. Besarnya kecepatan penyisihan menyatakan kemampuan KMnO_4 mengoksidasi senyawa organik tiap 15 menit analisa. Namun, kecepatan rata-rata oksidator dapat dilihat melalui laju reaksi.

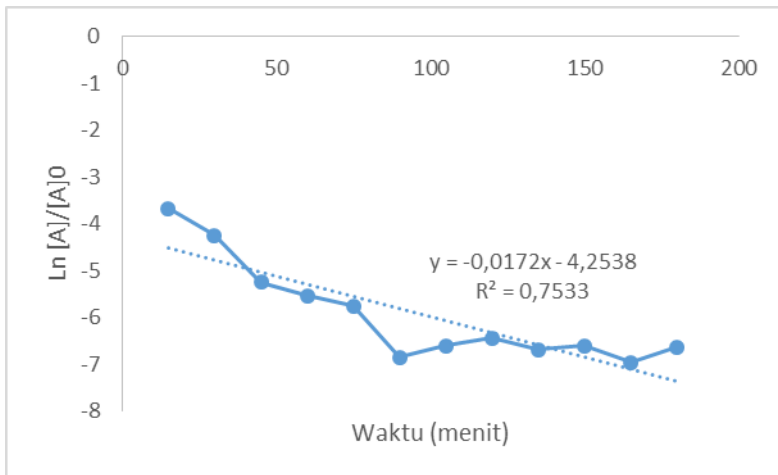
Tabel 4. 5 Kecepatan Penyisihan COD dengan oksidator KMnO_4

waktu (menit)	Kec. penyisihan (mg/L/menit)
15	4,181
30	2,341
45	0,871
60	0,653
75	0,523
90	0,174
105	0,224
120	0,261
135	0,206
150	0,223
165	0,157
180	0,218

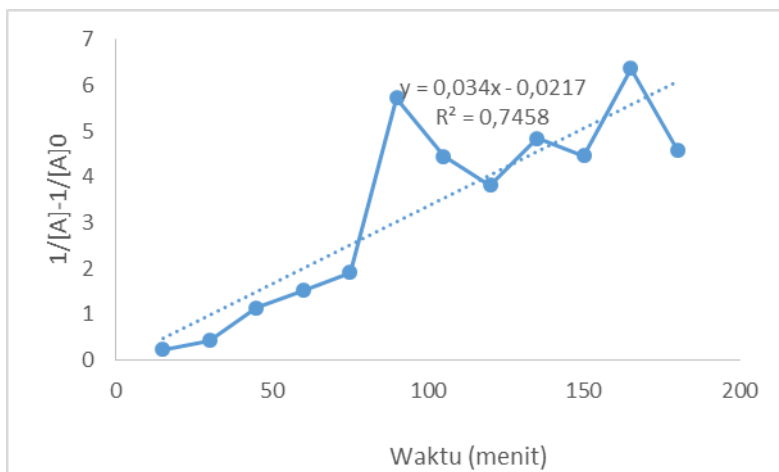
Berdasarkan grafik diatas didapatkan grafik untuk masing-masing orde nol, satu, dan dua seperti pada **Gambar 4.15**, **Gambar 4.16** dan **Gambar 4.17** berikut:



Gambar 4. 18 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Nol COD dengan KMnO_4



Gambar 4. 19 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Satu COD dengan KMnO_4



Gambar 4. 20 Persamaan Linier Lajur Reaksi Orde Dua COD dengan KMnO_4

Pada Gambar 4.15, Gambar 4.16 dan Gambar 4.17 masing-masing menunjukkan persamaan linier dari laju reaksi orde nol, satu dan dua. Dari gambar grafik dapat dilihat bahwa nilai regresi yang mendekati nilai satu adalah pada persamaan linier orde satu sebesar 0,7533. Dari persamaan linier orde dua, didapatkan nilai $k = 0,0172 \text{ mol/s}$, sehingga persamaan laju reaksi pada penyisihan COD dengan menggunakan oksidator KMnO_4 adalah:

$$r = -0,0172 [A]$$

4.3.3 Identifikasi Laju Reaksi Penyisihan Linear Alkyl Sulfonate (LAS)

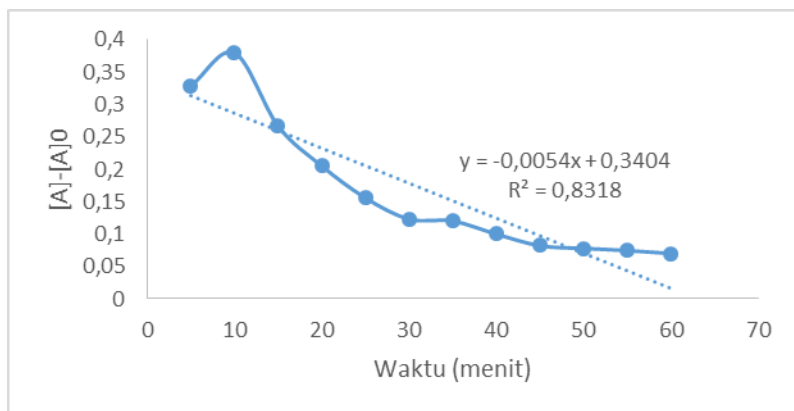
1. Penyisihan Laju Reaksi menggunakan Oksidator H_2O_2

Penyisihan laju reaksi menggunakan oksidator H_2O_2 dilakukan menggunakan jarrest dengan kecepatan pengadukan sebesar 70 rpm dengan dosis optimum sebanyak 0,1 mg/L. Berikut nilai kecepatan penyisihan dapat dilihat pada **Tabel 4.5**. Besarnya kecepatan penyisihan menyatakan kemampuan H_2O_2 mengoksidasi LAS tiap 5 menit analisa. Namun, kecepatan rata-rata oksidator dapat dilihat melalui laju reaksi.

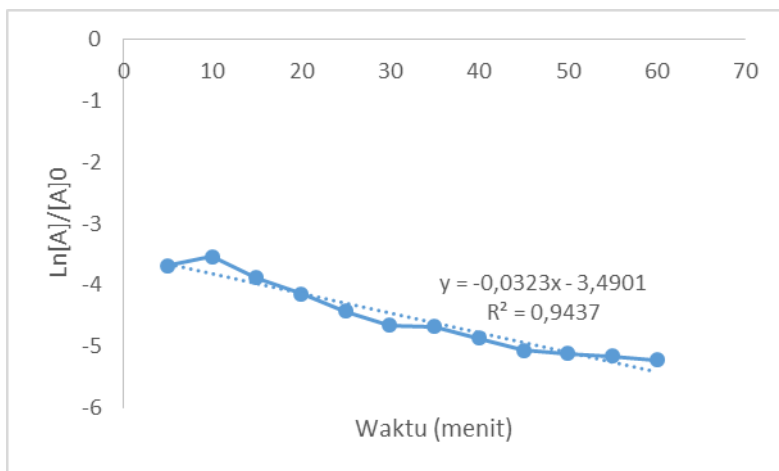
Tabel 4. 6 Kecepatan Penyisihan LAS dengan oksidator H_2O_2

Waktu (menit)	Kec. penyisihan (mg/L/menit)
5	0,3285
10	0,3799
15	0,2669
20	0,2053
25	0,1561
30	0,1232
35	0,1203
40	0,1001
45	0,0821
50	0,0780
55	0,0747
60	0,0702

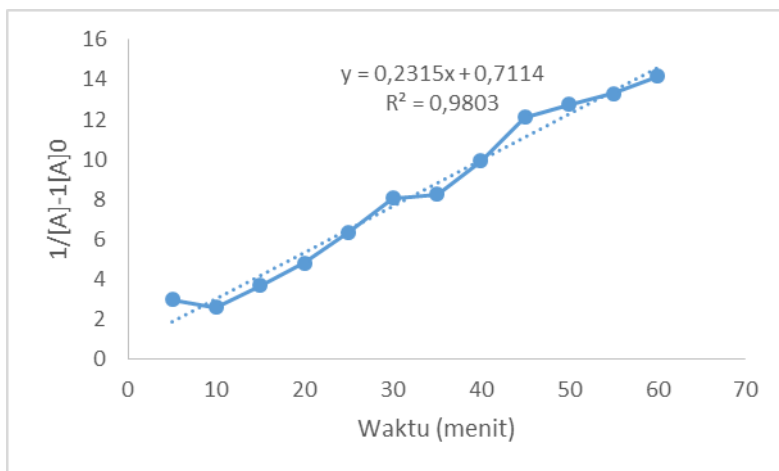
Berdasarkan tabel diatas didapatkan grafik untuk masing-masing orde nol, satu, dan dua seperti pada **Gambar 4.18**, **Gambar 4.19** dan **Gambar 4.20** berikut:



Gambar 4. 21 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Nol LAS dengan H_2O_2



Gambar 4. 22 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Satu dengan H_2O_2



Gambar 4. 23 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Dua dengan H_2O_2

Pada Gambar 4.18, Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 masing-masing menunjukkan persamaan linier dari laju reaksi orde nol, satu dan dua. Dari gambar grafik dapat dilihat bahwa nilai regresi

yang mendekati nilai satu adalah pada persamaan linier orde dua sebesar 0,9803. Dari persamaan linier orde dua, didapatkan nilai $k = 0,2315 \text{ mol/s}$, sehingga persamaan laju reaksi pada penyisihan LAS dengan menggunakan oksidator H_2O_2 adalah:

$$r = -0,2315 [\text{A}]^2$$

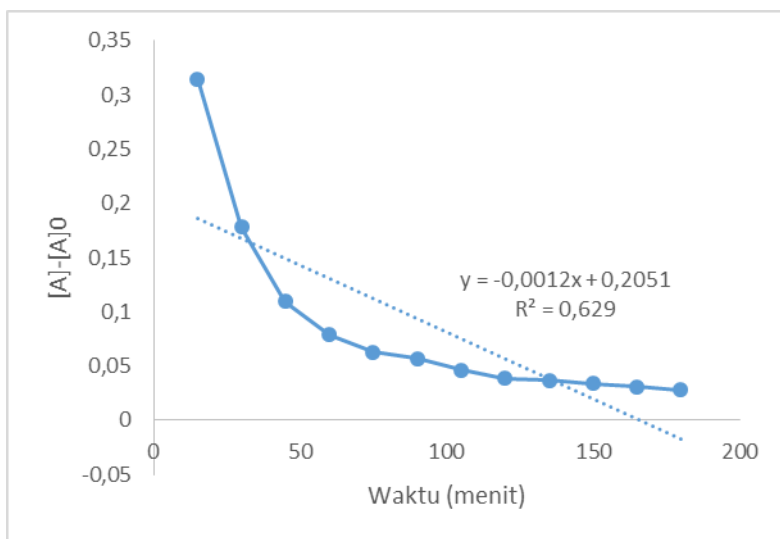
2. Penyisihan Laju Reaksi menggunakan Oksidator KMnO_4

Penyisihan laju reaksi menggunakan oksidator KMnO_4 dilakukan menggunakan jarrest dengan kecepatan pengadukan sebesar 70 rpm dengan dosis optimum sebanyak 0,6 mg/L. Berikut nilai kecepatan penyisihan dapat dilihat pada **Tabel 4.6**. Besarnya kecepatan penyisihan menyatakan kemampuan KMnO_4 mengoksidasi LAS tiap 15 menit analisa. Namun, kecepatan rata-rata oksidator dapat dilihat melalui laju reaksi.

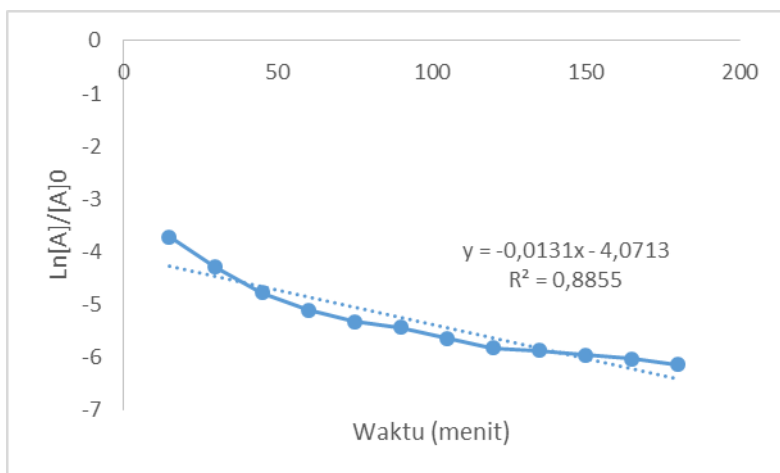
Tabel 4. 7 Kecepatan Penyisihan LAS dengan Oksidator KMnO_4

Waktu (menit)	Kec. penyisihan (mg/L/menit)
15	0,314852841
30	0,177960301
45	0,109514031
60	0,07871321
75	0,062970568
90	0,057038558
105	0,045956781
120	0,038501027
135	0,036504677
150	0,033538672
165	0,031111941
180	0,027948893

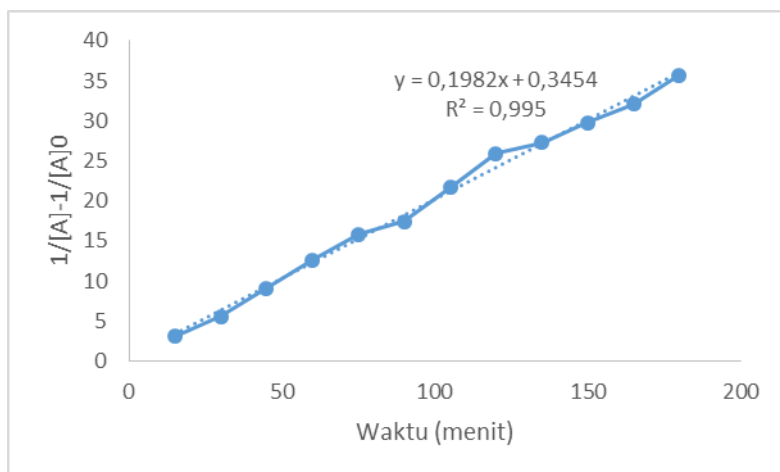
Berdasarkan tabel diatas didapatkan grafik untuk masing-masing orde nol, satu, dan dua seperti pada **Gambar 4.21**, **Gambar 4.22** dan **Gambar 4.23** berikut:



Gambar 4. 24 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Nol LAS dengan KMnO_4



Gambar 4. 25 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Satu LAS dengan KMnO_4



Gambar 4. 26 Persamaan Linier Laju Reaksi Orde Dua LAS dengan KMnO_4

Pada Gambar 4.18, Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 masing-masing menunjukkan persamaan linier dari laju reaksi orde nol, satu dan dua. Dari gambar grafik dapat dilihat bahwa nilai regresi yang mendekati nilai satu adalah pada persamaan linier orde dua sebesar 0,995. Dari persamaan linier orde dua, didapatkan nilai $k = 0,1982 \text{ mol/s}$, sehingga persamaan laju reaksi pada penyisihan LAS dengan menggunakan oksidator H_2O_2 adalah:

$$r = -0,1982 [\text{A}]^2$$

4.4 Aplikasi di lapangan

Pada sistem pengolahan air, koagulasi terjadi pada unit pengadukan cepat (flash mixing), karena koagulan harus tersebar secara cepat dan reaksi hidrolisa hanya terjadi dalam beberapa detik, jadi destabilisasi muatan negatif oleh muatan positif harus dilakukan dalam perioda waktu hanya beberapa detik. Nilai gradien kecepatan (G), waktu tinggal/detensi (t_d) dan kecepatan aliran air adalah jarang berubah selama instalasi pengolahan air berjalan.

Gradien kecepatan (G) dan power (P) dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

$$P = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho \times A \times v^3$$

Dimana :

P = suplai tenaga ke air (N.m/detik)

μ = viskositas absolut air (N.detik/m²)

V = volume air yang diaduk (m³)

KT = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

ρ = massa jenis air (kg/m³)

v = kecepatan paddle relatif terhadap air

A = luas area paddle, m²

n = kecepatan putaran, rps

r = radius efektif tangan paddle

diketahui : A paddle = 15 cm x 2 cm

Didapatkan:

$$\text{g. Kecepatan paddle} = 2\pi r \cdot n = 2 \cdot 3,14 \cdot 7,5 \text{ cm} \cdot \frac{70}{60} = 0,5495 \text{ m/det}$$

$$\begin{aligned} \text{h. } P &= \frac{1}{2} \times C_d \times \rho \times A \times v^3 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,8 \cdot 995 \text{ kg/m}^3 \cdot 30 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot (0,5495 \text{ m/det})^3 \end{aligned}$$

$$= 0,89 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{det}^3 = 0,89 \text{ watt}$$

$$\text{i. } G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} = \sqrt{\frac{0,89}{0,826 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}} = 1038,02 / \text{det}$$

j. G pada terjunan pompa

$$G = \sqrt{\frac{Q \rho g h}{\mu C}}$$

$$1038,02 / \text{det} = \sqrt{\frac{3 \frac{\text{ms}}{\text{det}} \cdot 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{det}^2} \cdot h}{0,826 \times 10^{-3} \cdot 540 \frac{\text{m}^3}{\text{det}}}}$$

$$H = 1,6 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan ketinggian untuk rumah pompa dalam pengadukan menggunakan oksidator H_2O_2 .

- Jumlah H_2O_2 yang dibutuhkan dalam pengadukan rumah pompa.
Diketahui rata-rata pompa beroperasi setiap harinya
 $Q = 3 \text{ pompa} \times 3 \text{ m}^3 / \text{det}$
 $= 9 \text{ m}^3 / \text{det}$
 $= 9000 \text{ L} / \text{det}$

Rumah pompa dinyalakan rata-rata 3 jam per hari dalam musim kemarau. Sehingga debit per hari nya
sebanyak $= 324 \times 10^5 \text{ L} / \text{jam} \times 3 \text{ jam} = 972 \times 10^5 \text{ L} / \text{hari}$

Dalam 1 L air limbah dibutuhkan 0,1 mL H_2O_2 sehingga dibutuhkan $972 \times 10^4 \text{ mL} / \text{L} / \text{hari}$ H_2O_2 .

- Jumlah KMnO_4 yang dibutuhkan dalam pengadukan rumah pompa.

Dalam 1 L air limbah dibutuhkan 0,6 mg/L KMnO_4 sehingga dibutuhkan $583,2 \times 10^4 \text{ mg} / \text{L} / \text{hari}$ $\text{KMnO}_4 = 5832 \text{ kg} / \text{m}^3 / \text{hari} = 5,8 \text{ ton} / \text{hari}$

Dari perhitungan yang didapatkan bahwa penggunaan oksidator ini kurang ideal dalam menurunkan limbah yang berada dalam saluran Kalidami ditinjau dari aspek ekonominya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Kandungan deterjen yang terdapat pada saluran Boezem Kalidami Kota Surabaya yang telah dianalisis selama tiga kali pengambilan adalah sebesar 9,41 mg/L dalam bentuk LAS (Linear Alkyl Sulfonates) dan 29,51 mg/L dalam bentuk ABS (Alkyl Benzene Sulfonate)
2. Nilai penyisihan COD dan surfaktan dengan menggunakan oksidator H_2O_2 optimum pada saat dosis penambahan 0,1 mL dengan pH netral hingga didapatkan nilai penyisihan COD sebesar 53% dan penyisihan LAS dan ABS masing-masing sebesar 39% dan 33%.
3. Nilai penyisihan COD dengan menggunakan oksidator KMnO_4 optimum pada saat penambahan 0,6 mL dengan pH netral sehingga didapatkan nilai COD sebesar 58% dan penyisihan nilai surfaktan berada pada penambahan dosis 0,6 mL pada pH netral dengan nilai penyisihan LAS dan ABS masing-masing sebesar 53% dan 45%
4. Orde reaksi H_2O_2 terhadap laju reaksi penyisihan COD adalah orde dua dengan nilai k sebesar 0,0277 mol/s. Sehingga didapatkan $r = - 0,0277 [\text{A}]^2$. Sedangkan Orde reaksi H_2O_2 terhadap laju reaksi penyisihan LAS adalah orde dua dengan nilai k sebesar 0,2315 mol/s. Sehingga didapatkan $r = - 0,2315 [\text{A}]^2$. Untuk orde reaksi KMnO_4 terhadap laju reaksi penyisihan COD mengikuti orde reaksi satu dengan nilai k sebesar 0,0172 mol/s. Sehingga didapatkan $r = - 0,0172 [\text{A}]$. Sedangkan Orde reaksi KMnO_4 terhadap laju reaksi penyisihan LAS adalah

orde dua dengan nilai k sebesar 0,1982 mol/s. Sehingga didapatkan $r = - 0,1982 [A]^2$.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Rentang pada proses pengadukan diharapkan menjadi lebih diperluas dan dilebih diteliti, mengingat pada grafik penentuan kecepatan optimum dibatasi hingga 100rpm.
2. Penelitian terhadap hidrogen peroksida dilakukan dengan menggunakan katalis seperti contohnya Fe sehingga nilai potensial oksidasinya meningkat.
3. Penggunaan pengolahan kimia untuk mengatasi permasalahan senyawa organik dan deterjen di Saluran Kalidami memberatkan dari sisi aspek ekonominya, untuk selanjutnya diharapkan dilakukan penelitian secara biologis ataupun fisik agar didapatkan solusi terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Damayanti, Hendra A. Pratama, Andri S. Nugroho, Eddy S. Soedjono, Z. Ahmad. *Batik waste water treatment using different nanofiltration zeolite membrane weight to remove turbidity*. International Journal of Academic Research Part A; 2014; 6(6), 260-262. DOI: 10.7813/2075-4124.2014/6-6/A.34
- Agustira R., Lubis K.S. dan Jamilah. 2013. *Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka*. Jurnal Online Agroteknologi Vol. 1 No. 3. Medan: USU.
- Aleboyeh, A., Olya, M.E., Aleboyeh, H. 2009. *Oxidative treatment of azo dyes in aqueous solution by potassium permanganate*. Journal of Hazardous Materials. 162:1530-1535.
- APHA (American Public Health Association). 1989. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 17 thed. APHA, AWWA (American Water Works Association) and WPCF (Water Pollution Control Federation). Washington DC 3464p
- Asmadi dan Suharno. 2012. *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Limbah*. Yogyakarta: Gosyen Publishing
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Air dan Air Limbah- Bagian 22. Cara Uji Nilai Permanganat Secara Titrimetri*. SNI 06-0989-22-2004. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. *Cara Uji COD dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri*. SNI 6989.2:2009.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. *Air dan Air Limbah – Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/ BOD)*. SNI 6989.2:2009
- Chang, R. 2005. *Kimia Dasar Konsep-Konsep Int Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga
- Cullum, D.C. 1994. *Introduction To Surfactant Analysis*. Chapman & Hall., New Zealand

Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor: 1205/Menkes/Per/X/2004, *Persyaratan Air Bersih Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor: 416/MENKES/PER/IX/1990*, Depkes RI, Jakarta, 2004.

Dinas Pekerjaan Umum, Bina Marga dan Pematusan.

Elfiana. 2008. *Penurunan Konsentrasi LAS dalam Air Terkontaminasi Deterjen Menggunakan Reagen Fenton*. Jurnal Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.Vol.6 No.11, Juni 2008 ISSN 1693-248X.

Fifiani, M. 2004. *Studi Penurunan Warna Reaktif pada Air Limbah Tekstil dengan Proses Fotokimia UV/H₂O₂/Tio₂*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya.

Hariawan, S.W. 2004. *Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Proses Oksidasi UV-H₂O₂*. Jurnal purifikasi Vol.5 No.3 Juli 2004. Hal 127-132.

Hendratna, A. 2011. *The Application of MnO₂ and KMnO₄ for Persistent Organic Compounds and COD Removals in Wastewater Treatment Process*. TRITA-LWR Degree Project 11:01. Departmet of Land and Water Resource Engineering, Royal Institue of Technology (KTH). SE-100 44 Stockhlom, Sweden.

Idris-Nda A., Aliyu H.K, dan Dalil M. 2013. *The challenges of domestic wastewater management in Nigeria: A case study of Minna, central Nigeria*. International Journal of Development and Sustainability Online ISSN: 2168-8662 -www.isdsnet.com/ijds. Volume 2 Number 2 (2013): Pages 1169-1182.ISDS Article ID: IJDS13012201. Minna, Nigeria: Federal University of Technology.

Isminingsih, S. 1972. *Analisa Zat Aktif Permukaan Dan Detergensi*. Bandung : Institut Teknologi Tekstil.

Janeta, S. 2013. *Kajian Pencemaran Deterjen dan Fosfat Akibat Limbah Domestik Permukiman Kumuh di Sungai Brantas Kota*

Malang-Jawa Timur. Yogyakarta: Perpustakaan Pusat Universitas Gajah Mada.

Kumar K.R, Bajpai A. dan S. Malik. 2012. *Waste water Quality of Bhopal City with Special Reference to Sewage Treatment Plant*. International Journal of Research in Chemistry and Environment Vol. 2 Issue 1 January 2012(112-115) ISSN 2248- 9649. India: Makhanlal Chaturvedi University.

Ksibi, M. 2006. *Chemical Oxidation with Hydrogen Peroxide for Domestic Wastewater Treatment*. Laboratoire de L'Eau, de L'Energie et de L' environnement (LEEE), Ecole Nationale d'Ingenieurs de Sfax (ENIS) Universite de Sfax, B.P. W 3038, Sfax, Tunisia. Chemical Engineering Journal 119 (2006) 161-165

Longman, G.f. 1976. *Development of Soap and Deterjen*. John Wiley and Sons Inc., New York

Nindl, G. *Hydrogen peroxide from oxidative stressor to redox regulator*. Cell Sci Rev 2004; 1(2):1-12.

Rahimah, Zikri H.H., dan Isna S. 2016. *Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi Flokulasi menggunakan Koagulan Kapur dan PAC*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Konversi, Volume 5 No. 2, Oktober 2016.

Reynolds, T.D. 1982. *Unit Operations and Process in Environmental Engineering*. Texas A&M University. 628.162.

Sa'adah, N.L., Ekadina D.U., dan Maulana I. 2012. *Penentuan Laju Berdasarkan Perubahan Warna Melalui Metode Imajiner*. Lab. Kimia Fisika Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang, Semarang.

Santi, L. 1999. *Adsorpsi deterjen oleh akar gulma itik (Lemna sp.)*, Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA Unair, Surabaya

Saifudin. 2005. *Fotodegradasi Limbah Detergen dalam Suspensi Semikonduktor TiO₂*. Jurnal Reaksi (Journal of Science and

Technology) Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe Vol. 3 No.6, Desember 2005 ISSN 1693-248X

Sawyer, C.N. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering*. New York: McGraw Hill.

Talinli, I.; Anderson, G. K., (1992). *Interference of hydrogen peroxide on the standard COD test*. *Water Res.*, 26 (1), 107-110

Tjokrokusumo. 1995. *Pengantar Konsep Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air*. STTL "YLH". Yogyakarta.

Tony, M. A., Purcell P.J., dan Zhao Y.Q. 2012. *Oil refinery wastewater treatment using physicochemical, Fenton and photo fenton oxidation processes*. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*. 47 (3):435-440.

Williams, D.G. *The many benefits of hydrogen peroxide*. Family Health News [homepage on the internet]. c2003 [diakses 20 Desember 2016]. Available from: <http://www.rebprotocol.net/November2007/The%20Many%20Benefits%20of%20Hydrogen%20Peroxide.pdf>

Yuliani, R. L., Elly P., dan Yuni P. 2015. *Pengaruh Limbah Detergen Industri Laundry terhadap Mortalitas dan Indeks Fisiologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)*. PS Pendidik-FKIP-UMM, Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS 2015.

Yusuf, I. 2001. *Studi pengolahan limbah deterjen sistem fluidasi dan clarifier*, J. Kim. Lingk., 3, 17-24

Lampiran 1

Prosedur Analisis Parameter

Analisis pH

Analisis pH menggunakan pH meter dengan bacaan digital. Prosedur analisis menggunakan modifikasi dari Greenberg *et al.*, (2005).

Prosedur analisis

1. pH meter distandarisasi dengan menggunakan larutan buffer pada pH 4,7 dan 10. Standarisasi dilakukan dengan mencelupkan probe pH meter bergantian kedalam larutan dengan urutan: buffer pH 4 – buffer pH 7 – buffer pH 10 – buffer pH 7
2. diambil sejumlah sampel dan diletakkan dalam beaker glass
3. dicelupkan probe pH meter kedalam sampel yang akan diukur nilai pH nya
4. dibaca nilai pH sampel pada monitor pembaca

Analisis COD

Pembuatan Reagen

1. Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N

Timbang dengan teliti 4,9036 gram $K_2Cr_2O_7$ yang telah dikeringkan di oven.

Larutkan dengan aquades hingga 1 L menggunakan labu pengencer 1 L.

2. Larutan Ferro Amonium Sulfat (FAS) 0,1 N

Timbang dengan teliti 39,2 gram $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ kemudian tambahkan dengan 8 mL H_2SO_4 pekat. Encerkan

dengan aquades hingga 1 L dengan menggunakan labu pengencer 1 L

3. Larutan Campuran Asam (Ag_2SO_4)

Larutkan 10 gram Ag_2SO_4 ke dalam 1 L H_2SO_4 hingga larut sempurna

4. Larutan Indikator Ferroin

larutkan 1,485 gram Orthophenanthroline dan 0,695 gram $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ke dalam 100 ml aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 ml

Prosedur Analisis

Metode analisis COD dilakukan dengan menggunakan prinsip *closed reflux* metode titrimetrik berdasarkan Greenberg *et al.* (2005), seperti berikut:

1. Disiapkan sampel yang akan dianalisis kadar COD nya
2. Diambil 1 mL sampel kemudian diencerkan sampai 100 kali
3. Diambil 2 buah tabung COD, kemudian dimasukkan sampel yang telah diencerkan sebanyak 1 mL dan aquades sebanyak 1 mL sebagai blanko
4. Larutan Kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) ditambahkan sebanyak 1,5 mL
5. Larutan campuran asam (Ag_2SO_4) ditambahkan sebanyak 3,5 mL
6. Alat pemanas dinyalakan dan diletakkan tabung COD pada rak tabung COD diatas alat pemanas selama 2 jam
7. Ditambahkan indikator ferroin sebanyak 1 tetes

8. Sampel didalam tabung COD dipindahkan ke dalam erlenmeyer kemudian dititrasi menggunakan larutan standar FAS 0,0125 N hingga warna biru hijau berubah menjadi merah-coklat yang tidak hilang selama 1 menit
9. Perhitungan nilai COD dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{Vol.Sampel}} \times P$$

Dengan :

A = mL FAS titrasi blanko

B = mL FAS tirasi sampel

N = normalitas larutan FAS

P = nilai pengenceran

Analisis MBAS (methylene Blue Method for Methylene-Blue-Active-Substances)

Pembuatan Reagen

1. Larutan Stok LAS

Timbang 1 gram LAS. Larutkan dengan air destilasi hingga 100 mL. 1mL = 1mg LAS. Simpan dalam kulkas untuk meminimalisasi biodegradasi. Jika dibutuhkan persiapkan setiap minggunya.

2. Larutan standar LAS

Larutkan 10 mL larutan stok LAS kedalam 1000 mL air destilasi. $1.00 \text{ mL} = 10 \mu\text{g LAS}$.

3. Indikator Phenolphthalein

4. Larutan NaOH 0,1 N

Timbang 4 gram NaOH larutkan dalam 1000 mL air destilasi.

5. H_2SO_4 1 N

6. Larutan Methylene Blue

Larutkan 100 mg methylene blue dalam 100 mL air destilasi. Ambil 30 mL tambahkan 6,8 mL larutan H_2SO_4 pekat dan 50 g monosodium dihydrogen phosphate monohydrate larutkan dengan air destilasi hingga 1000 mL.

7. Larutan Pencuci

Ambil 6,8 mL H_2SO_4 pekat kedalam 500 mL air destilasi, masukkan 50 g $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ lalu larutkan hingga 1000 mL.

Prosedur Analisis

1. Diambil 5 mL sampel dilarutkan kedalam 20 mL aquades.
2. Ditambahkan indikator pp sebanyak 3 tetes
3. Ditambahkan NaOH sebanyak 1 tetes hingga warna berubah warna menjadi merah
4. Ditambahkan H_2SO_4 1 tetes hingga warna berubah menjadi bening kembali

5. Ditambahkan 6,5 mL methylene blue, masukkan kedalam labu pemisah tambahkan 10 mL chloroform, kocok hingga 30 detik. Sesekali dibuka kran hingga gas dalam labu keluar.
6. Tambahkan 10 mL chloroform, kocok hingga 30 detik buka sesekali kran, lalu tambahkan 5 mL chloroform kocok 30 detik. Diamkan beberapa saat hingga terjadi pemisahan.
7. Keluarkan bagian larutan bagian bawah masukkan kedalam erlenmeyer. Tambahkan 12,5 mL larutan pencuci masukan kembali kedalam labu pemisah.
8. Pisahkan larutan bagian bawah dengan lalu diukur absorbansinya dengan spektrofotometri dengan absorbansi 652 nm.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2

Prosedur Pengaturan pH

a. Pembuatan larutan Standart

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ pekat} &= \frac{\% \times \text{Berat Jenis} \times 100}{\text{Berat Molekul}} \\ &= \frac{97 \% \times 1,84 \text{ kg/L} \times 100}{98,08} \\ &= 18,2 \text{ M} \end{aligned}$$

Pengenceran Larutan Induk

Rumus yang digunakan :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

Dimana : V_1 = volume larutan induk yang dibutuhkan

M_1 = Molaritas larutan induk

V_2 = Volume larutan yang akan dibuat

M_2 = Molaritas larutan yang akan dibuat

Pembuatan Larutan NaOH

Rumus yang digunakan :

$$\text{Molaritas} = \frac{n}{V}$$

$$N = \frac{m}{MR (\text{NaOH})}$$

NaOH 6 N = diambil 24 gram NaOH dilarutkan kedalam 100 mL aquadest

NaOH 1 N = diambil 4 gram NaOH dilarutkan dalam 100 mL aquadest

b. Perhitungan penambahan Volume Asam/Basa

Rumus yang digunakan :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

Dimana : V_1 = volume larutan induk yang dibutuhkan

M1 = Molaritas larutan induk

V2 = Volume larutan yang akan dibuat

M2 = Molaritas larutan asam/ basa yang akan
ditambahkan

contoh perhitungan :

pH suatu limbah sebanyak 2 L akan diturunkan dari pH 8 menjadi pH 5, tersedia larutan standar H₂SO₄ 0.005 M. Maka volume asam yang akan ditambahkan pada limbah dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{pH} = 5 - \text{H}^+ = 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{pH} = 8 - \text{H}^+ = 10^{-8} \text{ M}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 0.005 \text{ M} = 2 \text{ L} \times (10^{-5} \text{ M} - 10^{-8} \text{ M})$$

$$V_1 = 1,9 \text{ mL}$$

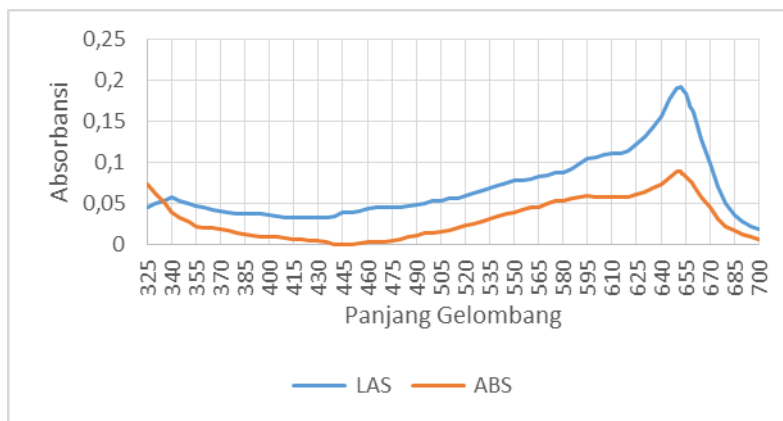
Sehingga dibutuhkan volume H₂SO₄ 0.005 M sebanyak 1.9 mL.

LAMPIRAN 3

Penentuan Kurva Kalibrasi

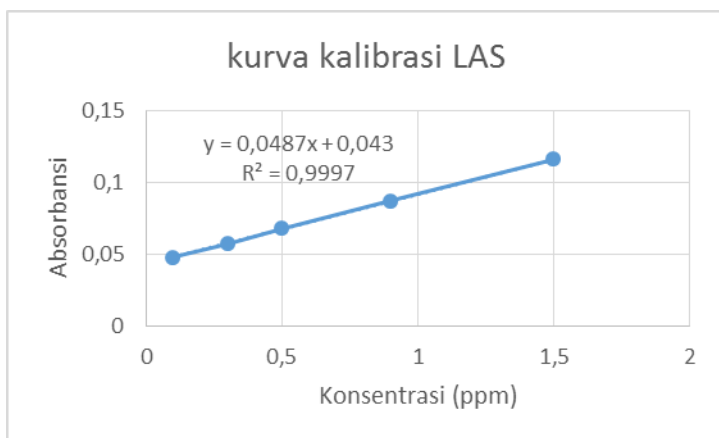
A. Spektrum Panjang Gelombang LAS dan ABS

Penentuan Spektrum panjang gelombang dilakukan pada panjang gelombang 325nm hingga 700nm.



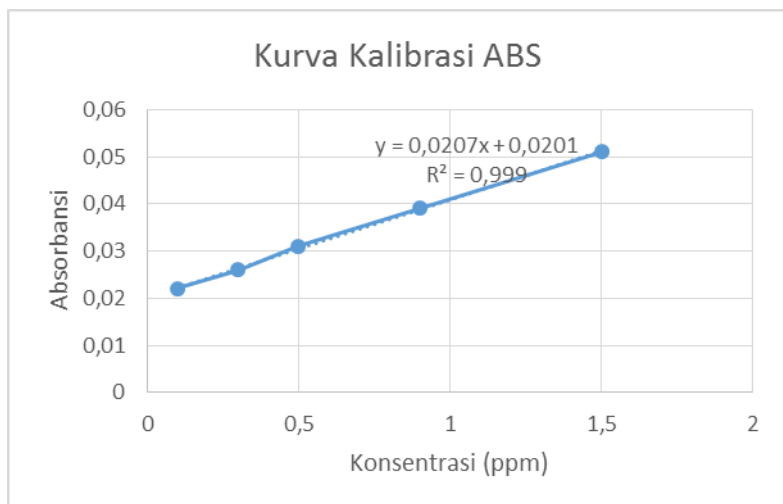
B. Kurva Kalibrasi LAS

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,1	0,048
0,3	0,057
0,5	0,068
0,9	0,087
1,5	0,116



C. Kurva Kalibrasi ABS

konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,1	0,022
0,3	0,026
0,5	0,031
0,9	0,039
1,5	0,051



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 4

Rekapitulasi Data

A. Karakteristik Limbah 3 Hari Berturut- turut

day	pH	COD (mg/L)	LAS (mg/L)	ABS (mg/L)
1	7,44	160	9,85	34,25
2	7,62	164	5,95	19,54
3	7,58	160	12,42	34,75

B. Penelitian pendahuluan (Dosis) H2O2

No.	DOSIS H2O2	NILAI COD	%R
1	0,1 mL	61,2	15%
2	1 mL	126	-75%
3	10 mL	241,2	-235%
KONTROL		72	

No.	Dosis H2O2	Nilai COD	%R
1	0,1	35,2	51%
2	0,3	39,6	45%
3	0,5	45,2	37%
4	0,7	46	36%
5	0,9	50	31%

KONTROL	72	
---------	----	--

C. Penelitian pendahuluan (Kecepatan) H_2O_2

NO.	RPM	Nilai COD	%R
1	10	122,4	3%
2	20	112	11%
3	30	99,4	21%
4	40	72	43%
5	50	60	52%
6	60	59	53%
7	70	53	58%
8	80	70	44%
9	90	93,6	26%
10	100	88	30%
KONTROL		126	

D. Penelitian pendahuluan (Waktu) H_2O_2

NO	WAKTU (menit)	NILAI COD	%R
1	1	79,2	37%
2	2	82,8	34%
3	3	69,2	45%
4	5	60,4	52%
5	10	122,4	3%
KONTROL		126	

E. Penelitian Utama H₂O₂

NO	DOSIS	pH	NILAI COD	%R COD	A	LAS	ABS	%R LAS	%R ABS
1	0,1 mL	7,62	58,8	53%	0,117	7,597536	23,4058	39%	33%
2	0,2 mL	7,8	101,92	19%	0,129	8,829569	26,30435	29%	24%
3	0,3 mL	7,54	94,08	25%	0,13	8,932238	26,54589	28%	24%
	KONTROL	7,6	126		0,164	12,423	34,75845		
4	0,1 mL	3,2	48,96	38%	0,143	10,26694	29,68599	3%	2%
5	0,2 mL	2,95	76,4	3%	0,127	8,62423	25,82126	18%	15%
6	0,3 mL	2,8	75,1	4%	0,13	8,932238	26,54589	16%	13%
	KONTROL	3,1	78,4		0,146	10,57495	30,41063		
7	0,1 mL	9,9	43,12	52%	0,132	9,137577	27,02899	2%	2%
8	0,2 mL	9,94	86,24	4%	0,114	7,289528	22,68116	22%	18%
9	0,3 mL	9,84	78,84	13%	0,101	5,954825	19,54106	36%	29%
	KONTROL	10,02	90,2		0,134	9,342916	27,51208		

F. Penelitian pendahuluan (Dosis) KMnO₄

No.	DOSIS KMnO ₄	NILAI COD	%R
1	0,01 mL	152,88	-95%
2	0,1	11,76	85%
3	1	62,72	20%
KONTROL		78,4	

No.	Dosis KMnO ₄	Nilai COD	%R
1	0,1	82,8	12%
2	0,3	82,8	12%
3	0,5	52	44%
4	0,7	43,2	54%
5	0,9	79,4	15%

KONTROL	93,6	
---------	------	--

G. Penelitian pendahuluan (Kecepatan Pengadukan) KMnO_4

NO.	RPM	Nilai COD	%R
1	10	100	21%
2	20	97,45	23%
3	30	99,4	21%
4	40	90	29%
5	50	102,5	19%
6	60	95	25%
7	70	93,6	26%
8	80	87	31%
9	90	70	44%
10	100	75	40%
KONTROL		126	

H. Penelitian Pendahuluan KMnO_4

NO	WAKTU (menit)	NILAI COD	%R
1	15	78	38%
2	30	73	42%
3	45	90	29%
4	60	90	29%
KONTROL		126	

I. Penelitian utama KMnO_4

NO	DOSIS	pH	NILAI COD	%R	A	LAS	ABS	%R LAS	%R ABS
1	0,6 mL	7,58	58,8	53%	0,0996	5,811088	19,2029	53%	45%
2	0,65 mL	7,62	72	43%	0,12	7,905544	24,13043	36%	31%
3	0,7 mL	7,24	70,4	44%	0,14	9,958932	28,96135	20%	17%
	KONTROL	7,6	126		0,164	12,423	34,75845		
4	0,6 mL	2,78	77,6	36%	0,1	5,852156	19,29952	15%	11%
5	0,65 mL	2,94	92	25%	0,107	6,570842	20,99034	4%	3%
6	0,7 mL	3,1	75,1	38%	0,095	5,338809	18,09179	22%	17%
	KONTROL	3,02	122		0,11	6,87885	21,71498		
7	0,6 mL	10,04	99	25%	0,082	4,004107	14,95169	26%	18%
8	0,65 mL	9,84	79,6	40%	0,089	4,722793	16,64251	13%	9%
9	0,7 mL	10,08	78,84	40%	0,094	5,23614	17,85024	4%	3%
	KONTROL	10,02	132		0,096	5,441478	18,33333		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 5

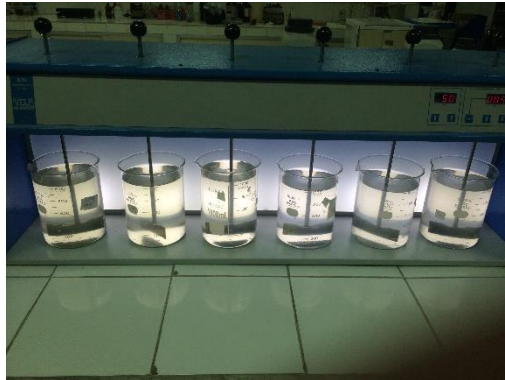
Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Inlet Rumah Pompa



Gambar 2. Outlet Rumah Pompa



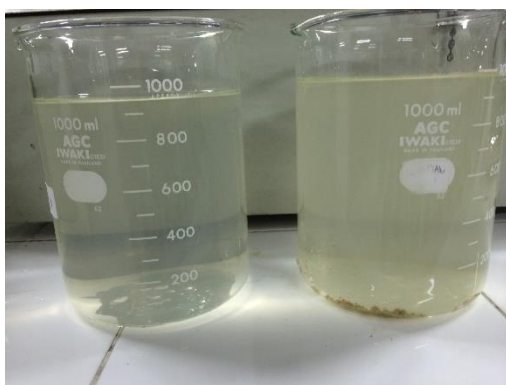
Gambar 3. Pengadukan H_2O_2 menggunakan jartest



Gambar 4. Hasil Pengadukan H_2O_2



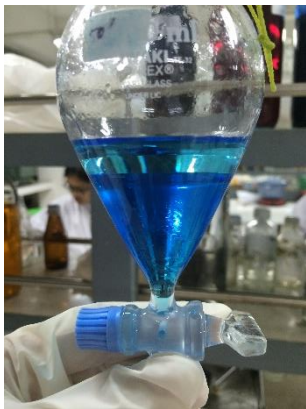
Gambar 5. Pengadukan KMnO_4 menggunakan jartest



Gambar 6. Hasil pengadukan dengan KMnO_4



Gambar 7. Analisis COD



Gambar 8. Analisis Surfaktan

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 4 Juni 1994. Penulis merupakan lulusan dari SMAN 61 Jakarta. Setelah lulus SMA penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan ke Teknik Lingkungan FTSP ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa S1 Teknik Lingkungan tahun 2013 dengan NRP 3313100119.

Selama perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Pengalaman organisasi selama kuliah dimulai sebagai staff Seni dan Olahraga Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan. Selanjutnya penulis dipercaya sebagai sekertaris departemen Seni dan Olahraga Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan pada periode 2015/2016. Pada perrkuliahan tahun ke empat hingga saat ini penulis juga aktif dibidang akademik sebagai asisten Praktikum Kimia Lingkungan 2. Penulis juga berkesempatan untuk melakukan kerja praktek di departemen utility PT. Newmont Nusa Tenggara pada bagian pengelolaan Water treatment dan Domestic Waste Water Treatment. Penulis dapat dihubungi melalui email: wanindaji@gmail.com

